



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“Análisis de materiales alternativos para la fabricación del block
de un motor PyP 10 mediante los métodos CAD, CAE, CAM”**

**Molina Proaño, Jorge Luis;
Tapuy Benavides, Danny Pablo**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TECNOLÓGICO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

ESPOCH
Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-05-04

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

MOLINA PROAÑO JORGE LUIS

Titulado:

**“ANÁLISIS DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA LA
FABRICACIÓN DEL BLOCK DE MOTOR DE MOTOR PYP
10 MEDIANTE MÉTODOS CAD, CAM, CAE”.**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FACULTAD DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

**Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo
DIRECTOR**

**Ing. José Francisco Pérez Fiallos
ASESOR**

ESPOCH
Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-05-04

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

TAPUY BENAVIDES DANNY PABLO

Titulado:

**“ANÁLISIS DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA LA
FABRICACIÓN DEL BLOCK DE MOTOR DE MOTOR PYP
10 MEDIANTE MÉTODOS CAD, CAM, CAE”.**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FACULTAD DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

**Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo
DIRECTOR**

**Ing. José Francisco Pérez Fiallos
ASESOR**

ESPOCH
Facultad de Mecánica

CERTIFICACIÓN DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MOLINA PROAÑO JORGE LUIS

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ANÁLISIS DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOCK DE MOTOR DE MOTOR PYP 10 MEDIANTE MÉTODOS CAD, CAM, CAE”.

Fecha de Examinación: 2018-08-20

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			
Ing. José Francisco Pérez Fiallos MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE TRIBUNAL

ESPOCH
Facultad de Mecánica

CERTIFICACIÓN DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TAPUY BENAVIDES DANY PABLO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ANÁLISIS DE MATERIALES ALTERNATIVOS PARA LA FABRICACIÓN DEL BLOCK DE MOTOR DE MOTOR PYP 10 MEDIANTE MÉTODOS CAD, CAM, CAE”.

Fecha de Examinación: 2018-08-20

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			
Ing. José Francisco Pérez Fiallos MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
**PRESIDENTE TRIBUNAL
DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de titulación que presentamos, es original y basado en el proyecto técnico y/o adaptación tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos, técnicos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Molina Proaño Jorge Luis

Tapuy Benavides Danny Pablo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Jorge Luis Molina Proaño y Danny Pablo Tapuy Benavides, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Molina Proaño Jorge Luis

CC: 050380344-7

Tapuy Benavides Danny Pablo

CC: 150074828-8

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación lo dedico a Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy para lograr mis objetivos propuestos. A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy; en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo. Finalmente, a los docentes, quienes marcaron cada etapa del camino universitario y ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la carrera universitaria.

Jorge Luis Molina Proaño

Dedico este proyecto de tesis a mis padres que me dieron la vida, educación, apoyo, consejo y su motivación para seguir una carrera universitaria. A mis compañeros de estudio por su paciencia, docentes por inculcarme sus conocimientos, amigos y familiares que de una u otra forma me alentaron a cumplir esta meta.

Danny Pablo Tapuy Benavides

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de indagación va dirigido con una expresión de gratitud a mis padres que han apoyado en los momentos más difíciles de mi vida estudiantil universitaria moralmente como económicamente, a mi hermana quien me ha ayudado en todo este proceso del trabajo de titulación y a Dios por haberme bendecido para culminar con los estudios de la carrera profesional.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas, en especial a la Facultad de Mecánica de la Escuela de Ingeniería Automotriz por darme la oportunidad de ser un profesional.

Al director y tutor del proyecto, quienes han sido la guía durante todo este proceso para que pueda desarrollarse de la mejor manera.

Jorge Luis Molina Proaño

El presente trabajo de titulación va dirigido con una expresión de gratitud al director y asesor de tesis por su orientación, su buena manera de asesorar en la investigación, así como a mi familia por formar parte de la ejecución de este proyecto de indagación moralmente como económicamente.

Danny Pablo Tapuy Benavides

RESUMEN

El presente trabajo de investigación pretende como objetivo analizar materiales alternativos, los cuales se pueden encontrar en el mercado, por medio del reciclaje para la fabricación de autopartes de vehículos, tal es el caso de un Block de Motor PYP 10, a través de los métodos CAD, CAE, CAM. El problema de investigación que se ha tomado en cuenta es debido a la causa, que en nuestro país Ecuador no existen suficientes estudios y aplicación de los softwares de diseño y simuladores, y acorde a estos desarrollar los métodos CAD/CAE/CAM para la elaboración de piezas automotrices. Además, estos tipos de métodos se pueden aplicar en varias áreas industriales. La indagación parte de un análisis acerca del material original, mediante espectrometría. En consideración, a los resultados obtenidos de la composición del material original se ha determinado que corresponde al material de aluminio 413.0. Consecuentemente, se ha identificado cinco materiales alternos, con los cuales se puede manufacturar el Block PYP 10, mediante el software CES EDUPACK 2015, este software nos arroja las propiedades físicas, etc. de estos. De acuerdo al método CAD se han realizado la toma de medidas para el diseño del block en el software Solid-Works. Los materiales que se han seleccionado son dos el aluminio 6061 T6 y fundición gris EN GJL 300, los cuales van a ser simulados por el software ANSYS-WORKBENCH R18.1, método CAE. Posteriormente, llevar al diseño CAD para el mecanizado método CAM, a través del software RHINO-CAM dentro de la máquina FADAL 4020 VMC. Concluido el mecanizado, se ha procedido a ejecutar varias pruebas de funcionamiento con las partes originales del block, el cual ha funcionado perfectamente y se ha ejecutado un análisis térmico con una cámara termo-gráfica FLIR E5 para elaborar una comparación entre el análisis hecho en el software ANSYS.

Palabras clave: <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MECÁNICA AUTOMOTRIZ>, <MECANIZADO>, <CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO>, <MATERIALES ALTERNOS>, <CÓDIGO G>, <ANÁLISIS TÉRMICO>.

ABSTRACT

The present research work aims to analyze alternative materials, which can be found in the market, through recycling for the manufacture of vehicles auto parts, such is the case of a Motor Block PYP 10, through the methods CAD/CAE/CAM. The research problem that has been taken into account is due to the cause, that in our country Ecuador there are not enough studies and application of the design software and simulators, and according to these develop the CAD/CAE/CAM methods for the elaboration of automotive parts. In addition, these methods types can be applied in several industrial areas. The investigation starts from an analysis about the original material, using spectrometry. In consideration, the results obtained from the composition of the original material have been determined to correspond to the aluminum material 413.0. Consequently, five alternative materials have been identified, with which can be manufactured the Block PYP 10, through the CES EDUPACK 2015 software, this software gives us the physical properties, etc. of these. According to the CAD method has been taken measurements for the block design in the Solid-Works software. The materials that have been selected are two aluminum 6061 T6 and gray cast iron IN GJL 300, which are going to be simulated by the software ANSYS-WORKBENCH R18.1, CAE method. Subsequently, carry the CAD design for the machining CAM method, through the RHINO-CAM software within the FADAL 4020 VMC machine. Once the machining was completed, several operating tests were carried out with the original parts of the block, which worked perfectly and a thermal analysis was performed with a FLIR E5 thermographic camera to make a comparison between the made analyses in the ANSYS software.

Keywords: Motor Block PYP 10, CES EDUPACK, CAD/CAE/CAM, ANSYS-WORKBENCH R18.1, RHINO-CAM, FADAL 4020 VMC.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación, se llevó a cabo a través de la aplicación de un trabajo práctico por los métodos CAD/CAE/CAM, para el desarrollo de un block de aeromodelismo con materiales alternativos. Hoy en día, el desarrollo de nuevas tecnologías permite simplificar el trabajo de manufacturación de ciertas auto-partes aprovechando de cierta manera el tiempo de fabricación.

Muchos fabricantes de repuestos de máquinas se dedican a la manufactura de éstas mediante métodos de fundición, moldeo, matricería e incluso ejecutan pedidos a otros países para que éstas lleguen, es por esta razón que mediante esta propuesta se elabora un block de aeromodelismo con materiales alternativos, el cual será diseñado (CAD), analizado (CAE), manufacturado (CAM) y puesto a prueba mediante un análisis térmico con una cámara Flir E5 para ver el comportamiento térmico que estos producirán en comparación con el block original para comprobar si la aplicación de estos métodos nos facilitará la producción de nuevas auto-partes para el sector de la automoción.

Los resultados de los blocks alternos fabricados han lanzado datos favorables, tanto virtual como físicamente, puesto que cada uno funciona de manera eficaz sin ninguna complicación. Esto se pretende explicar en cada capítulo del vigente trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I.....	1
1. Antecedentes	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación y actualidad	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Metodología	5
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Motor de combustión interna	7
2.2. Aeromodelismo	11
2.3. Tipos de motores de aeromodelismo.....	11
2.4. Block de motor PYP 10.....	13
2.5. Funciones del block.....	14
2.6. Bloque de cilindros	14
2.6.1. Empaque de culata	15
2.6.2. Cilindros.....	15
2.6.3. Pistones	17
2.6.4. Anillos	17
2.6.5. Bulones.....	18
2.6.6. Bielas.....	19
2.7. Procesos de fundición de blocks de motores de combustión interna	20
2.7.1. Fundición en arena	20
2.7.2. Proceso de fundición en arena.....	21
2.7.3. Fundición de espuma pérdida	23
2.7.4. Fundición en moldes permanentes.....	25
2.7.5. Fundición por gravedad en molde metálico	26
2.8. Tipos de block.....	27
2.8.1. Por la velocidad del giro del cigüeñal	27
2.8.2. Por la disposición de cilindros.....	28
2.8.3. Mono-cilíndrico.....	31
2.9. Designación de las aleaciones de aluminio	31
2.10. Materiales alternativos	33
2.11. Importancia de los materiales alternativos en la industria	33
2.11.1. Reciclado de metales ferrosos.....	34
2.11.2. El reciclaje y la recuperación de chatarra en Colombia	35
2.11.3. Importancia del reciclaje del acero	36
2.11.4. Dificultades del reciclaje de metales ferrosos	36
2.11.5. Impacto ambiental.....	37
2.11.6. Impacto social y económico	38

CAPÍTULO III.....	40
3. Análisis de materiales alternos para la fabricación del block de motor PYP 10.....	40
3.1. Aluminio 6061, forjado T6	42
3.1.1. Características específicas.....	43
3.1.2. Propiedades físicas	43
3.1.3. Propiedades mecánicas.....	43
3.1.4. Fatigue strength model (Modelo de resistencia a la fatiga)	44
3.1.5. Propiedades de impacto y fractura	45
3.1.6. Propiedades termalés.....	45
3.1.7. Propiedades eléctricas	46
3.1.8. Reciclaje y fin de vida	46
3.2. Fundición gris en GJL300.....	46
3.2.1. Características específicas.....	47
3.2.2. Propiedades físicas	48
3.2.3. Propiedades mecánicas.....	48
3.2.4. Fatigue strength model (Modelo de resistencia a la fatiga)	49
3.2.5. Propiedades de impacto y fractura	49
3.2.6. Propiedades termalés.....	49
3.2.7. Propiedades eléctricas	50
3.2.8. Reciclaje y fin de la vida	50
3.3. Aleación de fundición gris GJLA XNIMN 13 7	50
3.3.1. Propiedades físicas	51
3.3.2. Propiedades mecánicas.....	51
3.3.3. Fatigue strength model (Modelo de resistencia a la fatiga)	52
3.3.4. Propiedades de impacto y fractura	52
3.3.5. Propiedades termalés.....	53
3.3.6. Propiedades eléctricas	53
3.3.7. Reciclaje y fin de la vida	54
3.4. Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F	54
3.4.1. Características específicas.....	54
3.4.2. Propiedades físicas	55
3.4.3. Propiedades mecánicas.....	55
3.4.4. Fatigue strength model (Modelo de resistencia a la fatiga)	56
3.4.5. Propiedades de impacto y fractura	56
3.4.6. Propiedades termalés.....	57
3.4.7. Propiedades eléctricas	57
3.4.8. Reciclaje y fin de la vida	57
3.5. Fundición de magnesio, serie AJ, AJ62A	58
3.5.1. Características Específicas	58
3.5.2. Propiedades físicas	59
3.5.3. Propiedades mecánicas.....	59
3.5.4. Propiedades de impacto y fractura	60
3.5.5. Propiedades termalés.....	60
3.5.6. Propiedades eléctricas	61
3.5.7. Reciclaje y fin de la vida	61
3.6. Selección de materiales alternativos	61
CAPÍTULO IV.....	64
4. Modelación, simulación y mecanizado del block PYP 10 en Solid-Works-2017, 3D....	64

4.1.	Diseño de las geometrías de los componentes del motor PYP 10.....	64
4.1.1.	<i>Partes del Motor PYP10</i>	64
4.2.	Procedimiento de modelado del Block PYP 10	65
4.3.	Preparación del diseño del block para la simulación en software ANSYS	68
4.3.1.	<i>Simulación de esfuerzos a través de métodos de elementos finitos (MEF)</i>	68
4.3.2.	<i>Deformación</i>	69
4.3.3.	<i>Equivalencia elástica</i>	69
4.3.4.	<i>La tensión de Von Mises</i>	69
4.4.	<i>Análisis Estático Presión</i>	69
4.4.1.	<i>Análisis del block original Al4130-T6 camisa de bronce</i>	70
4.4.2.	<i>Análisis del block alterno AL6061-T6 camisa Fundición Gris EN GJL 300</i>	71
4.4.3.	<i>Análisis del block y camisa alterna de Fundición Gris EN GJL 300</i>	73
4.4.4.	<i>Simulación térmica estática mediante método de elementos finitos (MEF)</i>	74
4.4.5.	<i>Simulación térmica dinámica mediante método de elementos finitos (MEF)</i>	79
4.5.	Procedimiento de mecanizado en el software ANSYS	88
4.5.1.	<i>Mecanizado del block de motor del motor PYP 10</i>	88
4.5.2.	<i>Máquina Fadal (VMC)</i>	89
4.6.	Operaciones de mecanizado en Rhino-CAM	90
CAPÍTULO V		98
5.	Análisis termográfico de los blocks mecanizados y el block original.....	98
5.1.	La termografía infrarroja.....	98
5.1.1.	<i>Puntos para ejecutar un análisis termográfico</i>	100
5.1.2.	<i>La emisividad</i>	100
5.1.3.	<i>Temperatura atmosférica</i>	101
5.1.4.	<i>Humedad relativa</i>	102
5.2.	Resultados de termografía con el block original y los Blocks mecanizados.....	103
5.2.1.	<i>Termografía block original de Al 413.0 y camisa de bronce a mín. rev.</i>	104
5.2.2.	<i>Termografía block original de Al 413.0 y camisa de bronce a media carga</i>	105
5.2.3.	<i>Termografía block original de Al 413.0 y camisa de bronce a máxima carga</i>	105
5.2.4.	<i>Termografía block alterno de Al 6061 a mín. rev.</i>	106
5.2.5.	<i>Termografía block alterno Al 6061 a media carga</i>	107
5.2.6.	<i>Termografía block alterno de Al 6061 a máxima carga</i>	107
	108	
5.2.7.	<i>Termografía block alterno y camisa de Fundición Gris a mín. rev.</i>	109
5.2.8.	<i>Termografía block alterno y camisa de Fundición Gris a media carga</i>	109
5.2.9.	<i>Termografía del block alterno y camisa de Fundición Gris máxima carga</i>	110
CAPÍTULO VI.....		111
6.1.	Conclusiones	111
6.2.	Recomendaciones.....	112
BIBLIOGRAFÍA		113
ANEXOS		¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1: Técnicas e instrumentos de investigación a ser empleados, 2018.	6
Tabla 2-2: Especificaciones técnicas del motor PYP 10.....	13
Tabla 3-2: Denominación de los símbolos químicos según “DIN 1700”	32
Tabla 4-3: Bruker Analisis Report	40
Tabla 5-3: Características específicas	43
Tabla 6-3: Propiedades físicas	43
Tabla 7-3: Propiedades mecánicas	44
Tabla 8-3: Propiedades de impacto y fractura.....	45
Tabla 9-3: Propiedades termales	45
Tabla 10-3: Propiedades eléctricas.....	46
Tabla 11-3: Reciclaje y fin de la vida	46
Tabla 12-3: Características específicas	47
Tabla 13-3: Propiedades físicas	48
Tabla 14-3: Propiedades mecánicas	48
Tabla 15 -3: Propiedades de impacto y fractura.....	49
Tabla 16-3: Propiedades termales	49
Tabla 17-3: Propiedades eléctricas.....	50
Tabla 18-3: Reciclaje y fin de vida	50
Tabla 19-3: Características específicas	51
Tabla 20-3: Propiedades físicas	51
Tabla 21-3: Propiedades mecánicas	51
Tabla 22-3: Propiedades de impacto y fractura.....	53
Tabla 23-3: Propiedades termales	53
Tabla 24-3: Propiedades eléctricas.....	53
Tabla 25-3: Reciclaje y fin de la vida	54
Tabla 26-3: Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F.....	54
Tabla 27-3: Propiedades físicas	55
Tabla 28-3: Propiedades mecánicas	55
Tabla 29-3: Propiedades de impacto y fractura.....	56
Tabla 30-3: Propiedades termales	57
Tabla 31-3: Propiedades eléctricas.....	57
Tabla 32-3: Reciclaje y fin de vida	57
Tabla 33-3: Características específicas	58
Tabla 34-3: Propiedades físicas	59
Tabla 35-3: Propiedades mecánicas	59
Tabla 36-3: Propiedades de impacto y fractura.....	60
Tabla 37-3: Propiedades termales	60
Tabla 38-3: Propiedades eléctricas.....	61
Tabla 39-3: Reciclaje y fin de la vida	61
Tabla 40-4: Compendio de materiales seleccionados	63
Tabla 41-4: Nombres de las partes del motor PYP 10	65
Tabla 42-4: Propiedades de masa del block.....	67
Tabla 43-4: Características de Máquina Fadal 4020 VMC.....	90
Tabla 44-4: Datos de operaciones de mecanizado Rhino-CAM posición 1.....	91
Tabla 45-4: Datos de operaciones de mecanizado RhinoCam posición 2	93
Tabla 46-4: Datos de operaciones de mecanizado Rhino-CAM posición 3.....	95
Tabla 47-4: Datos de operaciones de mecanizado Rhino-Cam posición 4	96
Tabla 48-5: Emisividad de materiales.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2: Motor de combustión interna	7
Figura 2-2: Motores de combustión interna de 2 y 4 tiempos	8
Figura 3-2: Ciclo Otto	10
Figura 4-2: Combustible de un motor glow-plug.....	12
Figura 5-2: Block de motor PYP10.....	14
Figura 6-2: Bloque de cilindros.....	15
Figura 7-2: Empaque de culata	15
Figura 8-2: Camisa seca.....	16
Figura 9-2: Camisa húmeda	16
Figura 10-2: Pistones	17
Figura 11-2: Anillos	18
Figura 12-2: Pasador fijo.....	18
Figura 13-2: Pasador semi-flotante	19
Figura 14-2: Pasador completamente flotante.....	19
Figura 15-2: Bielas.....	20
Figura 16-2: Arena de zircón	21
Figura 17-2: Molde de bloque de motor	22
Figura 18-2: Molde para la fundición en arena.....	22
Figura 19-2: Calentamiento de camisas de los cilindros.....	23
Figura 20-2: Bloque de motor	23
Figura 21-2: Moldeo de poli-estireno no expandido.....	24
Figura 22-2: Modelos de poli-estireno expandido	25
Figura 23-2: Fundición por gravedad.....	26
Figura 24-2: Fundición a presión	27
Figura 25-2: Motor en línea	28
Figura 26-2: Motor en V	29
Figura 27-2: Motor en VR	29
Figura 28-2: Motor bóxer.....	30
Figura 29-2: Motor en W	31
Figura 30-2: Motor mono-cilíndrico	31
Figura 31-2: Esquema de reciclaje de acero usado para hojalata.....	35
Figura 32-2: Esquema de reciclaje de acero.....	37
Figura 33-3: Software para aplicar en diferentes profesiones	41
Figura 34-3: Aluminio 6061, forjado T6.....	42
Figura 35-3: Fundición de gris en GJL 300	47
Figura 36-3: Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F	54
Figura 37-3: Fundición de magnesio, serie AJ, AJ62A	58
Figura 38 -4: Partes del motor PYP10	64
Figura 39-4: Dibujo del block en el software.....	66
Figura 40-4: Fragmentación del block para ejecutar cálculos.....	66
Figura 41-4: Block en vista tridimensional	67
Figura 42-4: Análisis estático del block original y los alternos	68
Figura 43-4: Número de nodos y elementos	69
Figura 44-4: Deformación total.....	70

Figura 45-4: Equivalente de Von Mises.....	71
Figura 46-4: Factor de seguridad	71
Figura 47-4: Deformación total Al6061 T6	72
Figura 48-4: Equivalente de Von Mises Al 6061 T6	72
Figura 49-4: Factor de seguridad Al 6061 T6.....	73
Figura 50-4: Deformación de fundición gris EN GJL 300.....	73
Figura 51-4: Equivalente de Von Mises fundición gris EN GJL 300	74
Figura 52-4: Factor de seguridad fundición gris EN GJL 300.....	74
Figura 53-4: Selección del análisis térmico estático software ANSYS	75
Figura 54-4: Biblioteca de materiales, software ANSYS	75
Figura 56-4: Materiales para elaboración de AL6061-T6 block y camisa de fundición Gris.....	76
Figura 55-4: Biblioteca de materiales, software ANSYS	76
Figura 57-4: Producción de cada block y camisa software ANSYS.....	77
Figura 58-4: Propiedades del nitro-metano fluido	77
Figura 59-4: Tabla de convección predeterminada por ANSYS.....	78
Figura 60-4: Block original.....	78
Figura 61-4: AL6061-T6.....	78
Figura 62-4: Fundición gris.....	79
Figura 63-4: Importación de la geometría Solid-Works	79
Figura 64-4: Etapa de mallado fino.....	80
Figura 65-4: Celdas de malla a geometría.....	80
Figura 66-4: Celdas de malla a geometría.....	81
Figura 67-4: Geometría.....	81
Figura 68-4: Malla a través del parámetro Skewness	82
Figura 69-4: Condiciones de entrada y salida.....	82
Figura 70-4: Entorno del set up	83
Figura 71-4: Modelo de análisis $k - \Omega$ SST	83
Figura 72-4: Materiales que van a intervenir en el análisis.....	84
Figura 73-4: Velocidad de rotación.....	84
Figura 75-4: Método de resolución para la simulación.....	85
Figura 74-4: Condiciones de frontera	85
Figura 76-4: Datos para ser procesados	86
Figura 77-4: Pasos de cada transición.....	86
Figura 78-4: Temperaturas y líneas de flujo	87
Figura 79-4: Rangos de temperatura según CAE.....	87
Figura 80-4: Exportación del block a formato IGES	89
Figura 81-4: Máquina Fadal 4020 VMC.....	89
Figura 82-4: Material en bruto listo 1 posición 1.....	91
Figura 83-4: Desbaste simulación Rhino-CAM.....	92
Figura 84-4: Desbaste simulación Rhino -CAM.....	92
Figura 86-4: Montaje y mecanizado Rhino-CAM	94
Figura 85-4: Material en bruto 2 posición 2.....	94
Figura 87-4: Acabado de mecanización.....	94
Figura 88-4: Perforación axial	95
Figura 89-4: Perforación estándar y grabado	96
Figura 90-4: Mecanizado final	97
Figura 91-5: Termografía infrarroja.....	98
Figura 92-5: Ejemplo de análisis termo-gráfico.....	99

Figura 93-5: Cámara termo-gráfica.....	99
Figura 94-5: Cámara termo-gráfica FLIR serie E5	102
Figura 95-5: Tacómetro digital	103
Figura 96-5: Medidor de entorno ATP LM-8000	103
Figura 97-5: Termografía block PYP 10.....	104
Figura 98-5: Valores termográficos del block original a mín. rev. a(900-1000) RPM.....	104
Figura 99-5: Valores termográficos del block original a mín. rev. (1500-2000 RPM).....	105
Figura 100-5: Valores termográficos del block original a rev. máx. (5000 – 6000 rpm)	106
Figura 101-5: Valores termográficos del block alterno a mín. rev. (900 – 1000 rpm)	107
Figura 102-5: Valores termográficos del block alterno a media carga (1500–2000rpm)	107
Figura 103-5: Valores termográficos del block alterno a máx. rev. (5000- 6000 RPM)	108
Figura 104-5: Valores termográficos del block alterno a mín. rev. (900 – 1000 rpm)	109
Figura 105-5: Valores termo-gráficos del block alterno a media carga.....	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Fatigue strength model	45
Gráfico 2-3: Fatigue strength model	49
Gráfico 3-3: Fatigue strength model	52
Gráfico 4-3: Fatigue strength model	56
Gráfico 5-5: Datos de temperatura en función de RPM.....	106
Gráfico 6-5: Datos de temperatura en función rpm block AL 6061	108
Gráfico 7-5: Datos de temperatura en función rpm block en Fundición Gris	110
Gráfico 8-5: Comportamiento de temperatura de block original y alternos.....	111

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1-5: Fórmula para cálculo de emisividad.....	100
Fórmula 2-5: Fórmula de humedad relativa.....	102

LISTA DE ABREVIACIONES

ASTM:	Sociedad Estadounidense para pruebas y materiales.
BS:	Norma británica.
CAD:	Diseño asistido por computador.
CAM:	Manufactura asistido por computador.
CAE:	Ingeniería asistido por computador.
CNC:	Control numérico computarizado.
FEA:	Análisis de elementos finitos.
DIN:	Instituto de normalización alemán
G:	Lingotes y fundición en arena.
GD:	Fundición a presión.
GK:	Fundición en coquilla.
GZ:	Fundición centrifugada.
MEF:	Método de elementos finitos
OEM:	Fabricante de equipos originales
RAEE:	Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos
RPM:	Revoluciones por minuto
VFU:	Vehículos Fuera de Uso
VMC:	Centro de mecanizado vertical

LISTA DE ANEXOS

A	Hoja de procesos 1
B	Hoja de procesos 2
C	Hoja de procesos 3
D	Hoja de procesos 4
E	Proceso CAM
F	Código G
G	Planos

CAPÍTULO I

1. Antecedentes

Acorde a (Barrera, 2012 pág. 1), “los trabajos de Leonardo Da Vinci muestran técnicas del CAD actuales como el uso de perspectivas. En la historia de CAD/CAM se pueden encontrar precursores de estas técnicas en dibujos de civilizaciones antiguas como Egipto, Grecia o Roma”. No obstante, el desarrollo de estas técnicas está ligado a la evolución de ordenadores que se produce a partir de la década de los 50.

El diseño y fabricación asistidos por ordenador CAD-CAM (Computer Aided Design y Computer Aided Manufacturing) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y fabricación de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción. (S/A pág. 35).

Esta pauta ha modificado este método de trabajo mejorando la forma en que se llevan las tareas de diseño. Siendo originalmente una herramienta de dibujo 2D, esta ha evolucionado en el tiempo a la fase intermedia de 2.5D, hasta la fase 3D y la realidad virtual.

CAD es el acrónimo de inglés “Computer Aided Design” y significa Diseño Asistido por Computador. La tecnología CAD se dirige a los centros técnicos y de diseño de una amplia gama de empresas: sector metalmecánico, ingeniería electrónica, sector textil y otros. El uso de la tecnología CAD supone para el diseñador un cambio en el medio de plasmar los diseños industriales: antes se utilizaba un lápiz, un papel y un tablero de dibujo. (Barrera, 2012).

Se trata de la tecnología implicada en el uso de ordenadores para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. De esta forma, cualquier aplicación que incluya una interfaz gráfica y realice alguna tarea de ingeniería se considera software de CAD.

Las herramientas de CAD comprenden desde herramientas de modelado geométrico hasta aplicaciones a medida para el análisis u optimización de un producto específico. Entre estos dos extremos se encuentran herramientas de modelado y análisis de tolerancias, cálculo de propiedades físicas como masa, volumen, momentos, modelado y análisis de elementos finitos, ensamblado, etc.

La geometría de un objeto se usa en etapas posteriores en las que se realizan tareas de ingeniería y fabricación. También, de esta forma se habla de Ingeniería Asistida por Ordenador o “Computer Aided Engineering” (CAE), para describir las tareas de análisis, evaluación, simulación y optimización desarrolladas a lo largo del ciclo de vida del producto. De hecho, este es el mayor de los beneficios de la tecnología CAD, la reutilización de la información creada en la etapa de síntesis en las etapas de análisis y en el proceso CAM, también (Barrera, 2012).

El término CAD se puede precisar como el uso de sistemas informáticos en la creación, modificación, análisis u optimización de un producto para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación a través de una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción. Estos sistemas informáticos constarían de un hardware y un software.

El uso cooperativo de herramientas de diseño y de fabricación ha dado lugar a la aparición de una nueva tecnología denominada “Fabricación Integrada por Ordenador” e incluso se habla de la “Gestión Integrada por Ordenador” como el último escalón de automatización hacia el que todas las empresas deben orientar sus esfuerzos.

Esta tecnología consiste en la gestión integral de todas las actividades y procesos desarrollados dentro de una empresa mediante un sistema informático. Para llegar a este escalón sería necesario integrar, además de los procesos de diseño y fabricación, los procesos administrativos y de gestión de la empresa lo que rebasa el objetivo más modesto de este apartado que se centra en los procesos de diseño y fabricación, básicos para la gestión integrada.

Los beneficios no se han limitado a la obtención de una potente herramienta de dibujo que permite mejorar la calidad y la productividad, sino que se obtienen otras ventajas. Esto es semejante al desarrollo de las aplicaciones de diseño asistido por ordenador, se han desarrollado otras de simulación, modelización y manufactura de productos CAM, (Computer Aided Manufacturing), además. (S/A pág. 42).

La fabricación asistida por ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos más tradicionales de control de fabricación. Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costes de mano de obra.

Esta evolución ha ido paralela al aumento de la capacidad de proceso y a la facilidad de uso de los ordenadores, avanzando notablemente desde la llegada de los PCs.

Se puede afirmar por tanto que el CAD/CAM es una tecnología de supervivencia. Solo aquellas empresas, las cuales lo usan de forma eficiente son capaces de mantenerse en un mercado cada vez más competitivo.

El diseño y la fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto.

Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir este triple objetivo es la de utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos, para reducir los costes de tiempo y dinero en el desarrollo de los productos y en su fabricación.

La función principal en estas herramientas es la definición de la geometría del diseño de pieza mecánica, arquitectura, circuito electrónico, etc., puesto que la geometría es esencial para las actividades de desarrollo del block de motor PYP 10.

1.1. Planteamiento del problema

En nuestro país al no existir suficientes estudios y aplicación sobre los métodos CAD, CAE y CAM para el desarrollo y fabricación de piezas automotrices, estos tipos de métodos se puede aplicar en varias áreas industriales.

Hoy en día la industria nacional, nuestro país Ecuador necesita adaptarse a las nuevas tecnologías emergentes, las cuales permitan simplificar, optimizar y elevar la calidad de los procesos de diseño y manufactura. Esto significa que es propicio el ambiente para la utilización de sistemas de diseño y manufactura asistidos por computadora CAD/CAM. Esto se hace necesario implementar centros de formación profesional que se encuentren a la par del avance tecnológico para transmitir el suficiente conocimiento sobre sistemas de esta naturaleza. (Producción Automatizada Sistemas CAD/CAE/CAM, 1999).

Considerablemente, estas tecnologías emergentes permiten al ingeniero industrial y automotriz conseguir resultados precisos, no sólo mejorando sus técnicas, sino aprendiendo a utilizarla información y sus datos en estudios anteriores, así como saber evaluar los resultados alcanzados a través de la asistencia de un computador.

La única alternativa, para conseguir este objetivo es la de utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos para poder reducir los costos de tiempo y dinero en el desarrollo de los productos y en su fabricación.

Por las causas anteriormente señaladas, se efectuará el diseño y construcción del Block de un Motor PYP 10 a través de la selección de materiales alternativos y de las tecnologías emergentes CAD/CAE/CAM.

1.2. Justificación y actualidad

El proyecto consiste en la construcción de un Block para un Motor PYP 10 estudiando materiales alternativos, a través del cual se utilizará los métodos de CAD, CAE y CAM.

El cambio de la matriz productiva del país ha hecho que se hagan esfuerzos desde el gobierno para aumentar el porcentaje de proyectos para fabricar autopartes, las cuales se comercializan en el país, es por esta causa es que en este proyecto se está ejecutando un estudio de materiales alternativos para la fabricación del Block de un Motor PYP 10; esto con el ánimo de cuantificar el porcentaje de autopartes de fabricación nacional e ir incrementando gradualmente año a año las mismas.

Con los métodos de diseño CAD, análisis de CAE y fabricación de CAM asistida por ordenador y prototipado se logrará tener una nueva visión de producción de piezas automotrices, la cual permite ampliar el sector de trabajo en la ciudad de Riobamba. La aplicación de este conjunto de conocimientos y técnicas indicadas consigue obtener una mejora del ciclo de desarrollo y fabricación de un producto o servicio.

El motor de combustión interna de chispa se diseñará en el software CAD Solid-Works, a lo cual primero se procederá al diseño del block del motor, consecuentemente, se ejecutará al ensamble del mismo y se realizará un estudio cinemático del movimiento.

Después, se continuará con la fundición de lingotes con los diferentes materiales alternativos para el proceso de mecanizado CNC (Control Numérico Computarizado).

ANSYS es un ecosistema de programas CAE para diseño, análisis y simulación de partes por elementos finitos FEA, incluye las fases de preparación de meshing ó malleo, ejecución y post proceso, el programa ejecuta análisis de piezas sometidas a fenómenos físicos usados en ingeniería y diseño mecánico, puede resolver problemas físicos sometidos a esfuerzos térmicos, fluidos, vibración y aplicaciones específicas. (S/A pág. S/N).

Una vez, ensamblado el motor tendrá que someterse una simulación de fuerzas en el software CAE ANSYS con el fin de poder identificar el tipo de material apropiado para su construcción. Finalmente se genera los códigos de construcción con el software Solid-CAM el mismo que servirá para mecanizar el block de motor con la ayuda de la máquina Computer Numerical Control (CNC).

CAD/CAM hacen referencia al software que se utiliza para diseñar y fabricar productos. Las aplicaciones CAD/CAM se utilizan para diseñar un producto y programar los procesos de manufactura, especialmente el mecanizado por CNC. El software CAM usa los modelos y

ensamblajes creados en el software CAD para generar trayectorias de herramientas que dirijan las máquinas encargadas de convertir los diseños en piezas físicas. (S/N, 2017 pág. S/N).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar materiales alternativos para la fabricación del Block de un motor PYP10 mediante los métodos CAD, CAE, CAM.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el material actual del motor PYP 10 por medio de la espectrometría, análisis de dureza y microscopia óptica para la generación de la línea base.
- Identificar y analizar todas las partes mecánicas que constituye un motor para su respectivo diseño en el software CAD Solid-Works.
- Simular los esfuerzos del motor de aeromodelismo mediante el software CAE ANSYS para determinar el tipo de material a utilizar.
- Realizar análisis de resistencia y temperatura con el programa Solid-Works para generar los códigos de construcción con la ayuda del software Solid-CAM.
- Mecanizar el Block del Motor PYP 10, a través de la máquina CNC para su funcionamiento.

1.4. Metodología

El tipo de estudio corresponde a un proyecto tecnológico, como un trabajo investigativo para sustentar una propuesta de solución a un problema relacionado con las áreas de formación de la carrera, en este caso para la formulación del diseño, construcción y validación de nuevos materiales para el Block de un Motor modelo PYP 10 mediante los métodos CAD, CAE y CAM para la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH.

En cuanto a la modalidad de la investigación, las técnicas e instrumentos a ser empleados, son detallados en la siguiente tabla N° 1-1:

Tabla 1-1: Técnicas e instrumentos de investigación a ser empleados, 2018.

MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
Investigación bibliográfica	Análisis documental	Manual y Fichas
Investigación Experimental	Pruebas de funcionamiento del motor	Softwares: <ul style="list-style-type: none">○ Solid-Works○ ANSYS

Fuente: Equipo de investigadores, 2017

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

○ **Investigación bibliográfica**

Se utilizará fuentes bibliográficas para la recolección de información que nos ayudaran a entender las etapas y pasos que se deben realizar la elección de un material alterno para la fabricación del Block de motor PYP1. Y por medio del manual de fabricante se conocerán los sistemas principales de funcionamiento del Block de motor PYP 10.

○ **Investigación experimental**

Se utilizará los softwares Solid-Works y ANSYS para realizar pruebas de esfuerzos y temperatura que nos indicará el correcto funcionamiento de cada parte del motor.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Motor de combustión interna

El motor de combustión interna es: “un motor de gasolina constituye una máquina termodinámica formada por un conjunto de piezas o mecanismos fijos o móviles, cuya función principal es transformar la energía química que proporciona la combustión producida por una mezcla de aire y combustible en energía mecánica o movimiento. Cuando ocurre esa transformación de energía química en mecánica se puede realizar un trabajo útil como: mover un vehículo como un coche o automóvil o cualquier otro mecanismo, como pudiera ser un generador de corriente eléctrica”. (S/A, 2010 pág. S/N), ver figura N° 1-2.



Figura 1-2: Motor de combustión interna
Realizado por: Molina Jorge y Tapuy Danny (2018)

El motor es el componente del tren de fuerza que proporciona el movimiento al automóvil partiendo de la energía del combustible, salvo excepciones.

Todos son basados en el mecanismo de pistón biela manivela, acorde a la forma más utilizada de clasificarlos se dividen en motores de gasolina y motores de diesel, entre los que hay marcadas diferencias constructivas y no solo por el combustible utilizado, ver figura N° 2-2.

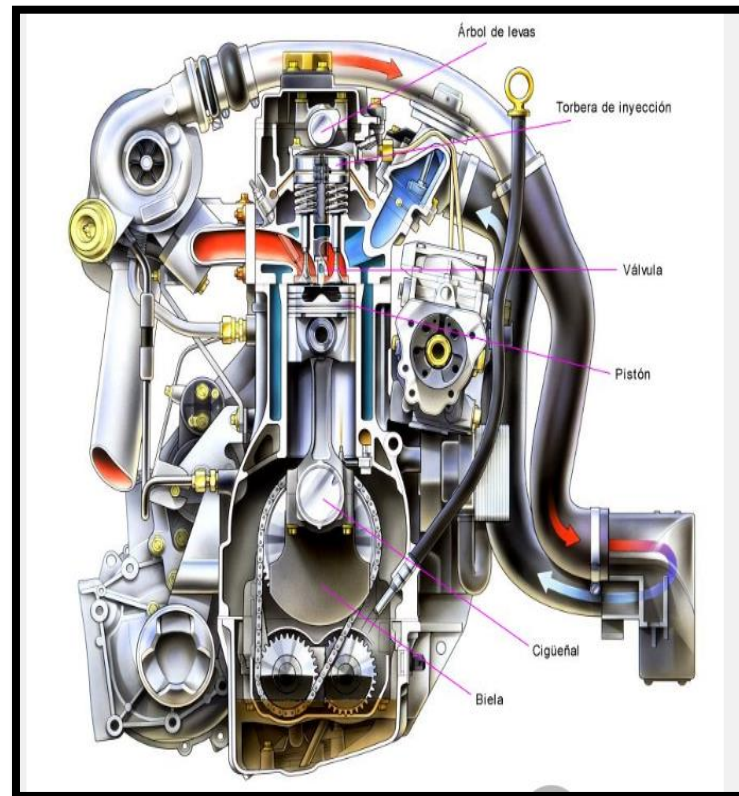


Figura 2-2: Motores de combustión interna de 2 y 4 tiempos

Figura tomada de: http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Otto

Ambos son motores de combustión interna, esto significa que el combustible se quema dentro del motor para extraer la energía y convertirla en movimiento, aunque en el pasado se utilizaron motores de combustión externa para ese fin.

Para la síntesis de los dos tipos de motores se puede señalar que en un motor de gasolina se introduce dentro de una cámara de combustión una mezcla de aire y combustible, luego, ésta se inflama con el uso de una bujía en una explosión controlada, la cual hace aumentar la presión y temperatura dentro de la cámara. Esta presión empuja al órgano de trabajo que es el pistón, el cual a su vez transmite la fuerza al eje de salida. Para el motor de diesel el funcionamiento es muy similar, pero a la cámara de combustión solo entra aire; luego en ella, se inyecta el combustible finamente pulverizado, el cual se inflama y produce el aumento de presión.

Desde el punto de vista constructivo-funcional, los dos motores son de estructura básica similar. Para este trabajo de indagación utilizaremos el motor de gasolina como patrón de descripción. Cabe recalcar que la eficiencia de los motores es bastante baja, solo el 15-25% de la energía

térmica del combustible puede ser utilizable en el eje de salida el resto se pierde en forma de calor transferido a las paredes de la cámara en los gases de escape, los cuales incluso calientes se vierten al exterior en pérdidas internas por rozamiento y en el movimiento de las partes necesarias como líquidos de lubricación o de enfriamiento.

La transformación de la energía se basa en el movimiento del mecanismo pistón-biela-manivela que convierte la traslación recíproca del pistón en movimiento de rotación del árbol de salida para proporcionar fuerza. Durante el trabajo de este mecanismo se pueden diferenciar varias etapas que se ha convenido en llamar ciclos o tiempos, puesto que en la práctica existen tres tipos de motores acorde a esta clasificación son:

- **Motores de dos tiempos** consta para su funcionamiento de dos ciclos en los cuales se realizan cuatro tiempos que son admisión, compresión, explosión y de escape en dos movimientos lineales del pistón. Los motores de dos tiempos de gasolina son de carter seco generalmente, es decir, no tienen lubricante acumulado en ninguna parte y encuentran su mayor campo de aplicación en las pequeñas potencias como motocicletas, máquinas manuales a gasolina (sopladores, fumigadoras, motosierras, etc.), y en los pequeños motores de aeromodelismo y similares. En general, su rendimiento térmico es menor que el de los motores a cuatro tiempos.
- **Motores de tres tiempos o diesel**, este tipo de motor no tiene la fase de explosión, el pistón baja por efecto de calor intenso, fue inventado por Rudolf Diesel entre el año 1893 y 1897. Estos motores se usan en camiones y barcos.
- **Motores de cuatro tiempos**, también conocidos como *motor Otto*, el más popular y consta de cuatro tiempos de funcionamiento: admisión, compresión, explosión y de escape. Estos motores se usan en automóviles y lanchas.

El motor de gasolina es un motor alternativo de combustión interna con encendido por chispa de cuatro tiempos, el cual convierte la energía química que contiene el combustible en energía cinética.

El proceso se inicia con la mezcla homogénea de gasolina y aire fuera de la cámara de combustión en un elemento llamado carburador. La mezcla obtenida se hace llegar a dicha cámara, donde es comprimida. La combustión se inicia por un sistema de encendido externo al motor de control temporizado.

En el interior del cilindro se inflama y quema la mezcla de aire y gasolina. El calor generado por la combustión provoca un incremento en la presión de los gases, previamente comprimidos originando un trabajo mecánico a través del pistón, la biela y el cigüeñal. Los gases quemados

son expulsados por el tubo de escape y son sustituidos por una nueva porción de mezcla tras cada carrera de combustión, todo ello se produce según el principio de los cuatro tiempos.

Un **ciclo Otto o motor de cuatro tiempos** es una aproximación teórica al comportamiento de un motor de encendido por bujía o de explosión. Se representa en un diagrama p-V.

Las fases del ciclo Otto son las siguientes:

- **Admisión**, el pistón desciende con la válvula de admisión abierta, aumentando la cantidad de mezcla de aire y combustible en la cámara, E-A.
- **Compresión**, el pistón asciende comprimiendo la mezcla, ambas válvulas permanecen cerradas (compresión adiabática), A-B.
- **Combustión**, con el pistón en el punto muerto superior, salta la chispa de la bujía que inicia la combustión de la mezcla a volumen prácticamente constante, (ya que al pistón no le ha dado tiempo a bajar), B-C.
- **Expansión**, debido a la combustión se produce un ascenso brusco de temperatura que empuja al pistón hacia abajo, realizando trabajo sobre él, las válvulas continúan cerradas, (expansión adiabática), C-D.
- **Escape**, se abre la válvula de escape y el gas sale al exterior, empujado por el pistón a una temperatura mayor que la inicial, siendo sustituido por la misma cantidad de mezcla fría en la siguiente admisión. El sistema es realmente abierto, puesto que intercambia masa con el exterior. Sin embargo, dado que la cantidad de aire que sale y la que entra es la misma. Desde el punto de vista del balance energético, podemos suponer que es el mismo aire, el cual se ha enfriado. Este enfriamiento ocurre en dos fases:
 - Cuando el pistón se encuentra en el punto muerto inferior, el volumen permanece aproximadamente constante D-A.
 - Cuando el pistón empuja el aire hacia el exterior con la válvula abierta, A-E, cerrando el ciclo, ver figura Nª 3-2.

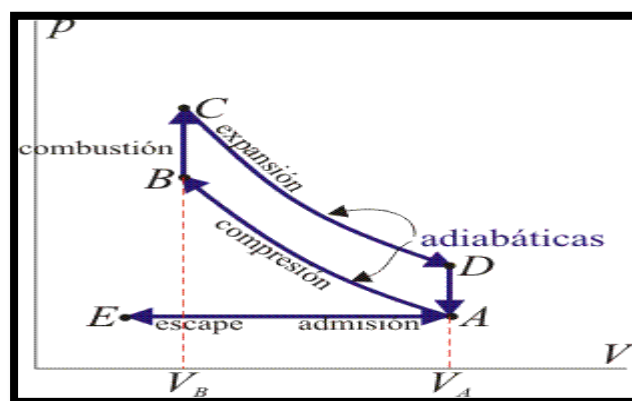


Figura 3-2: Ciclo Otto

Figura tomada de: http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Otto

2.2. Aeromodelismo

El aeromodelismo es una afición y un deporte derivado de la técnica de construcción y vuelo de aeroplanos de pequeño tamaño mediano y gran tamaño denominados aeromodelos, los cuales han sido preparados para volar sin tripulación.

La faceta científica de esta afición comprende el estudio de la aerodinámica, la mecánica, el diseño y proyecto de modelos de aviones y su construcción.

Los aeromodelos suelen hacerse a escala, como réplica lo más exacta posible de otros existentes, exclusivamente para aeromodelismo o incluso diseños de prueba para futuros aviones reales. También, hay varias marcas de modelismo que producen maquetas de aviones comerciales, los cuales usualmente son estáticos.

2.3. Tipos de motores de aeromodelismo

Dentro de los motores de combustión se pueden diferenciar tres tipos distintos acorde al carburante usado:

- **Motores Glow-Plug**

También, conocidos como motores de bujía incandescente o simplemente motores Glow. Se denominan Glow a los motores de explosión interna que funcionan con una bujía de incandescencia, en lugar de la conocida bujía de chispa de los motores convencionales de automoción y otros, estos motores se suelen usar habitualmente en modelismo.

Es uno de los motores más empleados en todo tipo de radiocontroles. Como combustible emplean una mezcla de aceite, metanol y nitrometano. El nitrometano le aporta potencia al motor a medio y alto régimen además de ayudar a la refrigeración del mismo, el metanol es la base fundamental del combustible y el aceite puede ser de distinto tipo, puede ser de ricino, sintético o mezcla de ambos.

Usualmente, se tratan de motores de dos tiempos, aunque también, se pueden encontrar de cuatro tiempos. La bujía suele tratarse de una resistencia de platino, la cual antes de arrancar el motor debe ponerse en incandescencia para ello y se emplea una tensión eléctrica entre 1.2-2 V. Una vez en funcionamiento la reacción catalítica que se produce en el platino en presencia del metanol lo mantiene incandescente, ver figura N^a 4-2.



Figura 4-2: Combustible de un motor glow-plug

Figura tomada de:

<https://www.google.com.ec/search?tbm=isch&q=combustible+para+uso+de+motor+glow-plug&chips>

○ **Motores diésel**

El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa, la cual se produce por la auto-ignición de combustibles, debido a altas temperaturas derivadas de la alta relación de compresión que posee, acorde al principio del ciclo de diésel. Éste se diferencia del motor de gasolina en usar como combustible gasóleo/gas-oíl o aceites pesados derivados del petróleo, como también aceites naturales como el aceite de girasol.

Además, éste es muy eficiente en términos termodinámicos; los mejores y más desarrollados llegan a alcanzar un valor entre 45% y 55% de eficiencia, un valor muy elevado en relación a la casi totalidad de los motores de gasolina; es uno de los motores más usados desde su creación en diversas aplicaciones.

Este tipo de motores usan como carburante una mezcla de petróleo, aceite, éter y nitrito de amilo en determinados porcentajes acorde a la aplicación y características del motor.

○ **Motores de chispa o gasolina**

Se trata por regla general de motores de gran tamaño, alrededor de los 1700mm de envergadura y de una cilindrada superior a 20 centímetros cúbicos y se caracterizan por su puesta en marcha sencilla, mucho más fácil que la de los Glow, además, de ser más económicos. Emplean como carburante una mezcla de gasolina sin plomo de un octanaje de 95 aproximadamente a la que se le añade cierta cantidad de aceite según las cualidades y la aplicación del motor en cuestión. La chispa se produce cuando el porta hélices pasa por un captador y manda una señal a la CDI. Poseen bujías similares a los motores convencionales pero de menor tamaño, ver tabla N^a 2-2.

Tabla 2-2: Especificaciones técnicas del motor PYP 10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS DEL MOTOR PYP 10	
Cilindrada	3.49 cm^3 .
Max pistón	16.27 mm.
Carrera	16.8 mm.
Régimen de RPM	1.000-.6000 RPM.
Peso	0,362 Kg.
Carburador	6-7 mm.

Fuente: Equipo de investigadores, 2018

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny (2018)

2.4. Block de motor PYP 10

El block de motor, block de cilindros o monoblock es una pieza fundida en hierro o aluminio, la cual aloja los cilindros de motor de combustión interna, así como los soportes de apoyo del cigüeñal. El diámetro de los cilindros junto con la carrera del pistón determina la cilindrada del motor.

El block es el cuerpo principal del motor y se encuentra ubicado entre la tapa de cilindros y el carter. Está construido de hierro fundido, aluminio o aleaciones especiales, por lo general. Este tiene orificios o agujeros llamados cilindros.

El block se fija al chasis, bastidor, por medio de unas piezas a las que se llaman soportes o patas de motor.

El block está construido de un material rígido para soportar la fuerza originada por la combustión, resistir la corrosión y permitir evacuar por conducción parte del calor.

Los orificios o agujeros, deben soportar el roce de los pistones y por eso en algunos casos se utilizan lo que se llaman camisas de acero, ver figura N° 5-2.

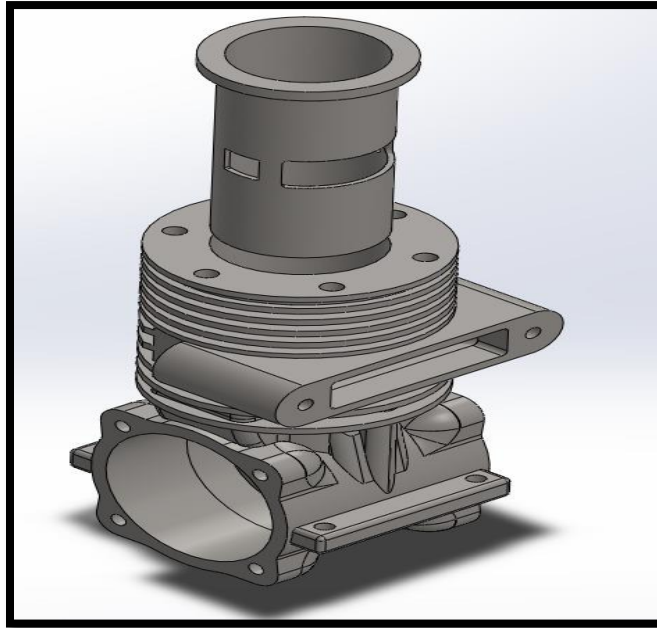


Figura 5-2: Block de motor PYP10
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny (2018)

2.5. Funciones del block

La función del bloque es alojar el tren alternativo; formado por el cigüeñal, las bielas y los pistones. En el caso de un motor por refrigeración líquida, la más frecuente en el interior del bloque existen cavidades formadas en el molde a través de las cuales circula el líquido anticongelante, también, así como otras tubulares para el aceite de lubricación cuyo filtro, además, está generalmente fijo a la estructura del bloque.

Cuando el árbol de levas no va montado en la culata existe un alojamiento con apoyos para el árbol de levas de las válvulas.

El bloque tiene conexiones y aperturas a través de las cuales varios dispositivos adicionales son controlados mediante la rotación del cigüeñal, como puede ser la bomba de agua, bomba de combustible, bomba de aceite y distribuidor en los vehículos que los poseen.

2.6. Bloque de cilindros

El bloque es la parte más grande del motor, contiene los cilindros donde los pistones suben y bajan, conductos por donde pasa el líquido refrigerante y otros conductos independientes por donde circula el lubricante. Generalmente, el bloque está construido en aleaciones de hierro o aluminio, siendo estas últimas mucho más livianas y permiten mayor rendimiento, ver figura N° 6-2.

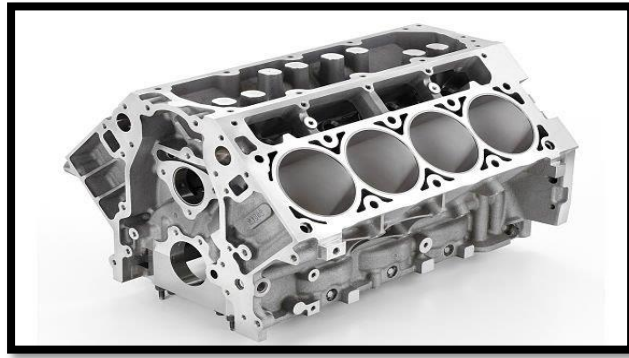


Figura 6-2: Bloque de cilindros

Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

El bloque puede dividirse en varias partes que son:

2.6.1. *Empaque de culata*

Es una lámina fabricada en diferentes materiales, como son asbesto, latón, acero, caucho, bronce y actualmente se está desarrollando un nuevo material llamado grafoil. Se utiliza para sellar la unión entre la culata y el bloque de cilindros. Posee varias perforaciones por las cuales pasan los pistones, los espárragos de sujeción, y los ductos tanto de lubricación como los de refrigeración, ver figura N^o 7-2.

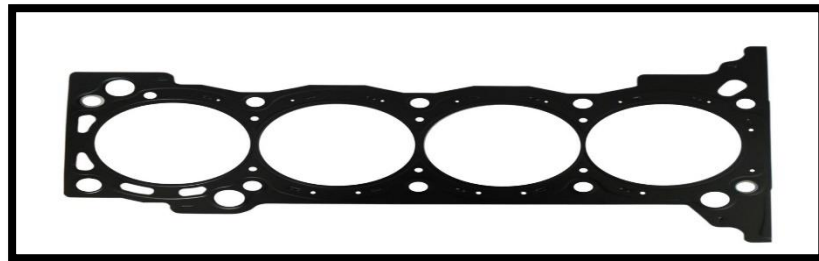


Figura 7-2: Empaque de culata

Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

2.6.2. *Cilindros*

Es una cavidad de forma cilíndrica, de material metálico, por la cual se desplazan los pistones en su movimiento alternativo, entre el punto muerto inferior y el punto muerto superior, las paredes interiores son completamente lisas y en algunos casos cromadas para mayor resistencia al desgaste.

En el cilindro se adaptan unas camisas o el mismo cilindro constituye la camisa, la cual es elemento de recambio o modificación en caso de una reparación; de éstas existen dos tipos:

- **Camisa seca**, simplemente, es un cilindro que se coloca a presión dentro del formado en el bloque, sin existir ningún espacio entre bloque y camisa.

En casos de reparación este tipo de camisas permite ser maquinada, teniendo en cuenta que se aumenta el diámetro interior, cierta cantidad de veces especificadas, inicialmente, por los fabricantes de motores y al llegar a estos límites debe ser cambiada por una nueva de medida original, ver figura N° 8-2.

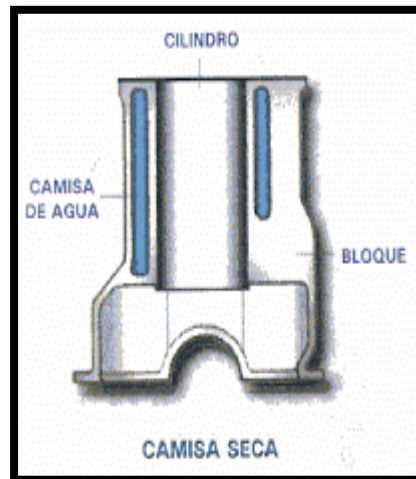


Figura 8-2: Camisa seca

Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

- **Camisa húmeda**, en este caso la camisa reemplaza totalmente al cilindro del bloque y es apoyada en éste, únicamente, en su parte superior e inferior siendo rodeada en su totalidad por los ductos de refrigeración.

Para una reparación simplifica el proceso, puesto que solo se debe extraer la camisa vieja y reemplazarla por la nueva, la cual se sujeta del bloque en la parte superior por medio de unas bridas, las que presionan evitando cualquier tipo de movimiento, ver figura N° 9-2.



Figura 9-2: Camisa húmeda

Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

2.6.3. Pistones

Tomando el pistón como un elemento de un mecanismo cinemático puede definirse como aquel elemento que tiene como función deslizarse dentro de su guía, que en el caso de un motor es la camisa o cilindro. Hace parte del conjunto biela-manivela y su movimiento no llega a ser un armónico simple, pero si se le acerca mucho.

La superficie lateral de un pistón no es perfectamente cilíndrica, la parte más ancha se encuentra cerca del fondo o parte inferior del pistón y es allí donde se mide el diámetro del mismo, ver figura N^a 10-2.



Figura 10-2: Pistones

Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

2.6.4. Anillos

Son los encargados de mantener la estanqueidad en la cámara de combustión, debido a que entre el cilindro o camisa y el pistón debe existir un juego deslizante y por ser los vapores tanto de la mezcla como de los productos de la combustión tan volátiles pueden perderse a través de dicho espacio.

Además de esta función cumplen con la de la distribución del aceite sobre la pared del cilindro y la falda del pistón, ver figura N^a 11-2.

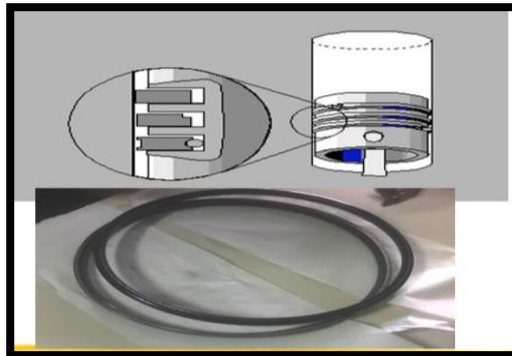


Figura 11.2: Anillos

Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

2.6.5. Bulones

Es el elemento que se utiliza para unir el pistón con la biela, permitiendo la articulación de esa unión. Para que este pasador no se salga por el costado del pistón y ralle las camisas se mantiene fijo con alguno de los siguientes procedimientos:

- **Pasador fijo**, se inmoviliza el pistón por medio de un espárrago o tornillo de presión, ver figura N^a 12-2.



Figura 12-2: Pasador fijo

Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

- **Pasador semi-flotante**, el pasador queda en la biela siendo apretado por medio de una abrazadera de tornillo, pero gira libremente sobre los soportes del pistón, ver figura N^a 13-2.

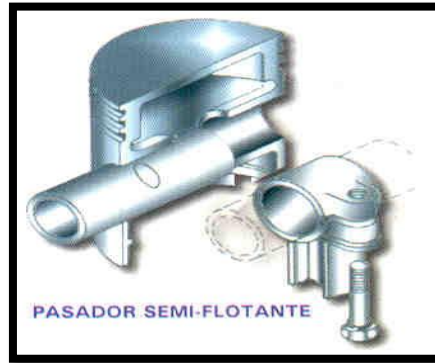


Figura 13-2: Pasador semi-flotante
 Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

- ***Pasador completamente flotante***, el pasador gira libremente con pistón y biela; para evitar el desplazamiento se colocan pines de presión en los extremos, los cuales se aseguran en los espacios determinados para este fin en el pistón, ver figura N^a 14-2.



Figura 14-2: Pasador completamente flotante
 Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

2.6.6. Bielas

La biela es la pieza que está encargada de transmitir al cigüeñal la fuerza recibida del pistón. Generalmente, está fabricada de acero forjado, debido a que debe resistir una gran tensión y esfuerzo. La biela permite la transformación del movimiento alternativo en rotativo.

Aunque, es una sola pieza en ella se diferencian tres partes pie, cuerpo y cabeza. El pie de la biela es el que la une al pistón por medio del pasador o bulón, el cuerpo asegura la rigidez de la pieza y la cabeza gira sobre el codo del cigüeñal y está dividido en dos partes una superior y la otra

inferior, que aunque en su fabricación se hace en la misma fundición o forja se divide para que se pueda asegurar al cigüeñal por medio de espárragos o tornillos. Generalmente, las bielas están perforadas, es decir, se les crea un conducto por donde circula el aceite bajo presión desde la cabeza hasta el pasador con el fin de lograr una buena lubricación.

La biela es uno de los elementos del motor que está sometida a mayores esfuerzos y sobre todo a los de tracción, por esta razón es importante conocer y comprender su comportamiento tanto cinemático como dinámico, ver figura N^o 15-2.



Figura 15-2: Bielas

Figura tomada de: <https://es.slideshare.net/tecnoscar1972/partes-del-bloque-de-cilindros>

2.7. Procesos de fundición de blocks de motores de combustión interna

De acuerdo a varios autores (Narváez, y otros, 2014 pág. 4/14) existen diversos procesos de fundición para la elaboración de un bloque de motor de combustión interna, el orificio circular que sirve de cilindro puede realizarse sobre el propio material del block, o puede obtenerse ajustando en éste unas piezas postizas en forma de tubo llamadas camisas. Estas piezas se fabrican independientemente, y se montan sobre el block con un buen ajuste.

A continuación se detalla las técnicas de empleadas en los diversos procesos de fundición:

2.7.1. Fundición en arena

Ésta es uno de los procesos más utilizados en la fabricación de blocks de motor, para ello, se debe tener en cuenta lo siguiente al respecto a los materiales empleados.

o Materiales

Los materiales empleados en este proceso de fundición en arena son los siguientes:

- Arena de zircón es un polvo amorfo, negro-azulado o un metal brillante blanco-grisáceo. El zirconio se encuentra en la India, Ucrania, Malasia, Australia, E.E.U.U., etc. La arena de zirconio presenta excelentes propiedades refractarias, abrasivas, baja dilatación térmica y elevada conductividad térmica. Su composición es silicato de zirconio ($ZrSiO_4$) y tiene una densidad aparente aproximada de 2,7 gr/c.c. su temperatura de fusión es 24,20°C, ver figura N° 16-2.



Figura 16-2: Arena de zircón

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

- Cola es el primer elemento que se combina con la arena de zircón para que ésta se adquiriera forma del molde maestro, este pegamento está diseñado para unir los corazones de arena y afianzarlos dentro del molde.
- Endurecedor se emplea para solidificar la mezcla, para ello, se emplea un gas como el dióxido de carbono (CO_2), que lo va a activar para que pueda endurecer el molde.
- Polvo de talco es empleado para evitar que las partículas de arena se peguen al aluminio o al molde final.

2.7.2. Proceso de fundición en arena

Para elaborar el molde, se mezcla la cola y un endurecedor con arena de zircón, esta combinación resiste el calor del material fundido, pero solo para un vaciado.

Cada molde está armado por secciones llamados núcleos que encajan entre sí, para hacer el núcleo una máquina introduce la mezcla de arena y cola en un molde maestro hecho de hierro. Luego, se inyecta un gas que activa el endurecedor y éste solidifica la mezcla. Existe un núcleo base, en el cual se colocarán los demás núcleos. Aquí se inserta unas camisas de hierro, en la cual trabajarán los pistones y rines evitando que las paredes de aluminio en el block se desgaste por la abrasión.

En las zonas por donde pasará aceite se cubre con polvo de talco. Así, se evitará que las partículas de arena se peguen en el aluminio y entren en contacto con el aceite. Una vez, que todos los núcleos se han montado, el molde está listo para vaciarlo, ver figura N° 17-2 y 18-2.

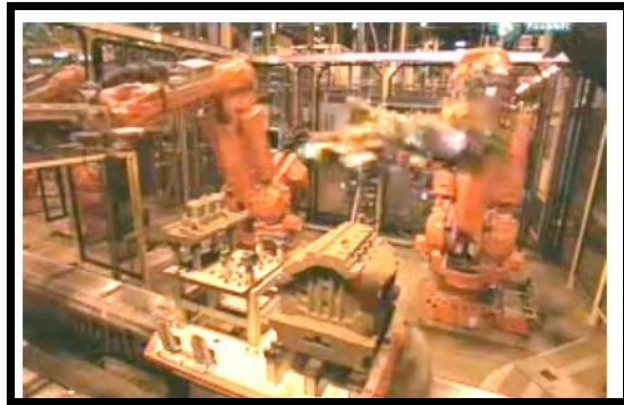


Figura 17-2: Molde de bloque de motor
Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

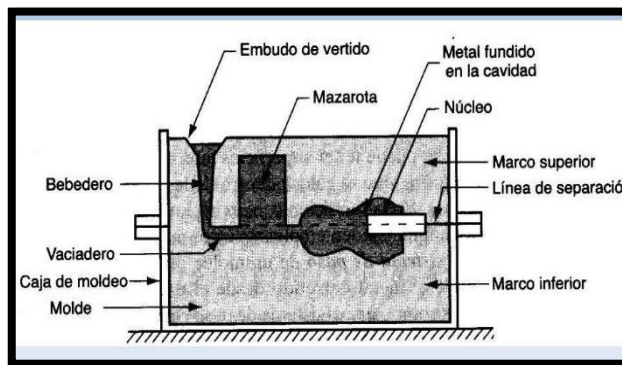


Figura 18-2: Molde para la fundición en arena
Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

El material a fundir llega en forma de lingotes, los mismos que se colocan en el horno, el horno debe estar a 800°C., que licua el aluminio. Antes del vaciado se calientan las camisas de los cilindros, usando una corriente eléctrica de alta frecuencia por lo que el aluminio se une mejor con el metal caliente. Los moldes se llenan desde abajo para evitar contaminar el metal con óxido de aluminio. El óxido se forma cuando el material fundido entra en contacto con el aire.

Después, del vaciado los moldes pasan seis horas en un horno térmico de recuperación que descompone la cola para que se desprenda, también, el calor refuerza el metal, luego, la arena es sacudida y las maquinas le dan el acabado final, ver figura N° 19-2.



Figura 19-2: Calentamiento de camisas de los cilindros

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

Finalmente, los blocks pasan por una máquina de visión automática que los inspecciona y los blocks de motor están listos para ser llevados a las ensambladoras de automóviles, ver figura N^a 20-2.



Figura 20-2: Bloque de motor

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

El aluminio al solidificarse se debe tomar en cuenta que existen contracciones de volumen, específicamente, entre el 2% y el 7%, acorde a su composición.

2.7.3. Fundición de espuma pérdida

A este proceso de fundición se lo conoce como fundición de modelo evaporado, fundición de modelo evaporado, proceso de espuma pérdida o full-mold process (marca registrada), también.

En este proceso se utiliza el molde de arena compactado alrededor de un patrón de espuma de poli-estireno que se vaporiza al vaciar el metal fundido dentro del molde.

En otras palabras, el proceso de fundición con poli-estireno expandido consiste en la producción de piezas metálicas, a partir, de un modelo de espuma de poli-estireno expandido.

Para esto se genera el modelo a fundir, el mismo que será bañado por un compuesto refractario que es pintura, para ser introducido a un molde, el cual será llenado de arena hasta quedar bien compacto. Consecutivamente, al vaciar el metal fundido sobre el molde poli-estireno; éste se evapora y dará paso al metal que tome la forma de dicho modelo patrón dentro del molde, ver figura N° 21-2.

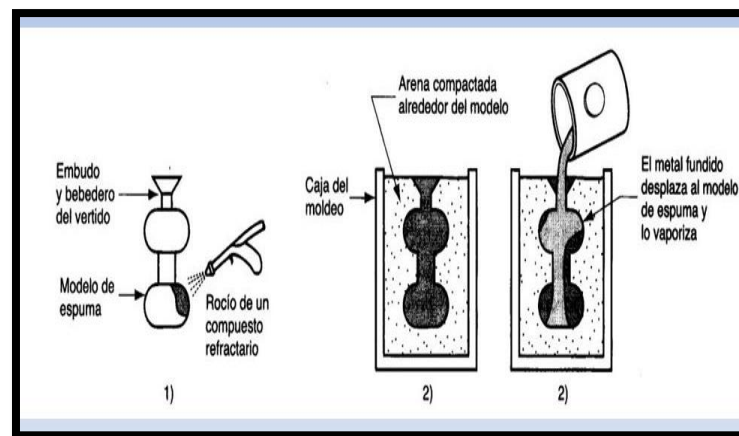


Figura 21-2: Moldeo de poli-estireno no expandido

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

Acorde a la figura N° 22-2 (a) del modelo de poli-estireno incluye bebedero de colada, el sistema de vaciado y las mazarotas. También, puede contener almas sí se necesitan, eliminando así la necesidad de hacer almas por separado.

En la figura N° 22-2 (b) se puede observar un modelo de un bloque de motor en línea en combustión interna y un bloque de compresor ejecutados con poli-estireno expandido, mientras que en la figura N° 22-2 (c) se observa un modelo de un bloque de motor en línea de cuatro cilindros en el poli-estireno expandido y en la figura N° 22-2 (d) la obtención del bloque, después de realizar el proceso de fundición.

Este método es muy usado para fundición de motores producidos en masa. Las ventajas a considerar en este método de fundición para la obtención de bloques de combustión interna tenemos las siguientes:

- El proceso es relativamente simple, porque no existen líneas de partición almas separadas o sistemas de alimentación; por tanto tiene flexibilidad de diseño.
- Para el proceso bastan cajas de moldeo de bajo costo.

- El poli-estireno es económico y se puede procesar con facilidad en modelos con formas complejas, tamaños varios y un fino detalle superficial.
- La fundición requiere un mínimo de operaciones de acabado y de limpieza.
- El proceso puede ser automatizado y es económico para grandes lotes de producción.

Un factor principal es el costo de producir la matriz para la expansión de las perlas de poli-estireno a fin de ejecutar el modelo.

Su principal desventaja es que se necesita un nuevo patrón para cada fundición.

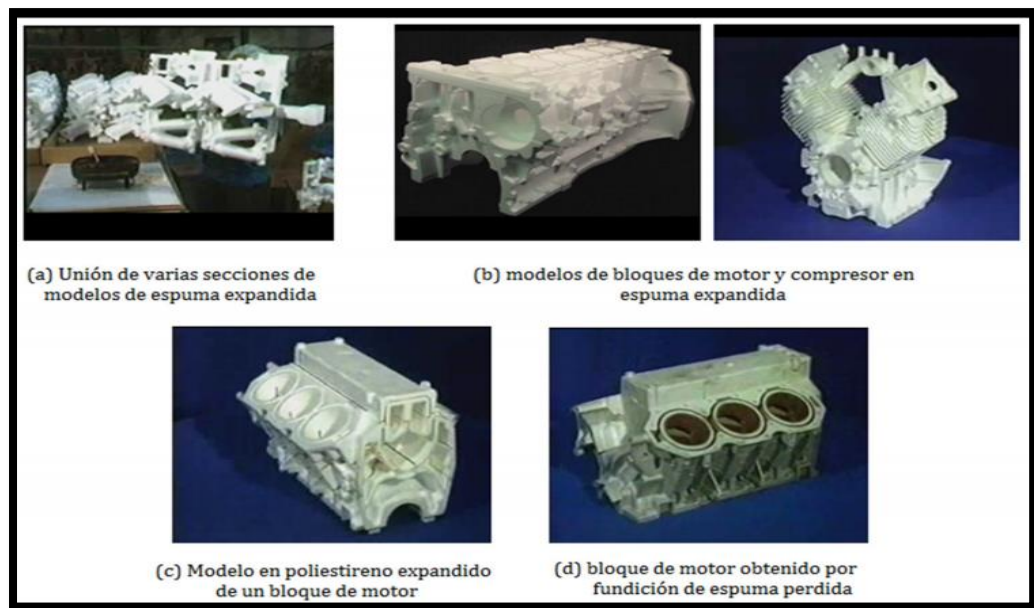


Figura 22-2: Modelos de poli-estireno expandido

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

2.7.4. Fundición en moldes permanentes

En este proceso de fundición se usa un molde metálico, el mismo que puede ser construido en acero o hierro fundido. Consta de dos partes y las mismas deben permitir abrir y cerrar con facilidad y precisión. Una de las ventajas de este tipo de moldes es la reutilización para varias fundiciones, además de un muy buen acabado superficial.

Los metales que se funden comúnmente en molde permanente son: aluminio, magnesio, aleaciones de cobre y hierro fundido. Los moldes se precalientan, esto facilita el flujo del metal a través del sistema de vaciado y de la cavidad. Tan pronto como solidifique el metal, el molde se abre y se remueve la fundición, se lo realiza con el fin de prevenir el desarrollo de grietas en la fundición, antes de que ocurra la contracción del enfriamiento.

Este proceso de fundición se lo puede obtener a través de dos técnicas la fundición por gravedad y la fundición por presión.

2.7.5. Fundición por gravedad en molde metálico

En este proceso de fundición el metal fundido fluye por acción de la gravedad dentro del molde donde se solidificará y tomará la forma de la cavidad de la misma. Las caras del molde deben tener respiraderos con el objetivo de permitir que el aire atrapado en el interior del molde salga hacia el exterior a medida que ingresa el metal líquido y evitar las porosidades, ver figura N° 23-2.

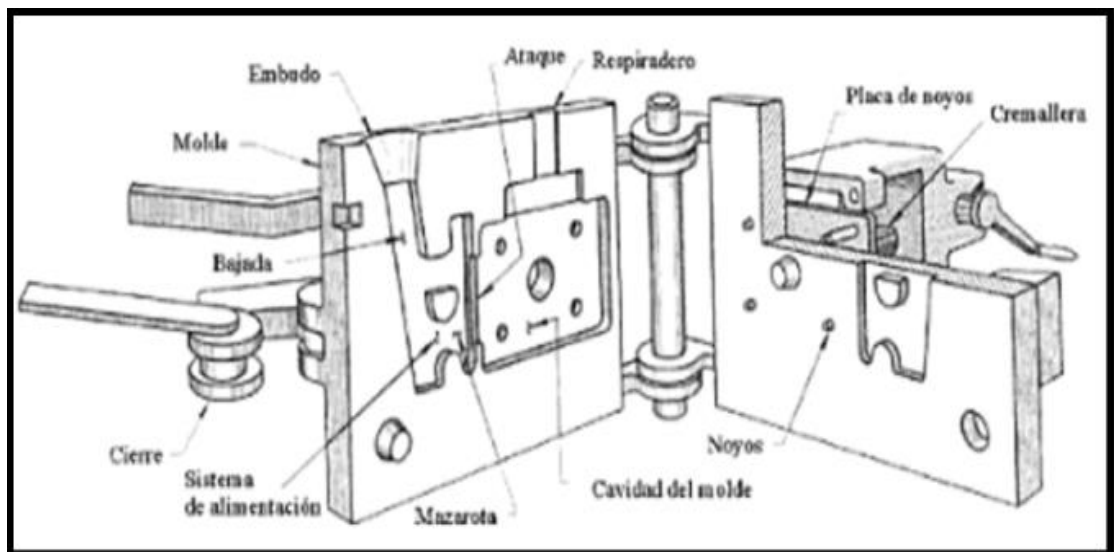


Figura 23-2: Fundición por gravedad

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

La temperatura de colada de las aleaciones de aluminio se halla entre los límites de 710 a 720°C., por eso la coquilla no se calienta con la masa fundida. La intensidad de enfriamiento y solidificación de la masa de la coquilla es considerablemente mayor que en el molde de arena, por eso las molduras de aleaciones de aluminio en coquillas resultan con una estructura de grano fino más compacta.

Esto eleva las propiedades mecánicas resistencia a la tracción en un 20-25%, y el alargamiento en 1,5-2 veces. Las aleaciones de aluminio poseen buena fluidez, lo cual permite ejecutar en coquillas molduras complicadas de aleaciones de baja fluidez, la coquilla se calienta hasta 300-350°C. Para la fundición de aleaciones de buena fluidez, como también al fundir molduras macizas de paredes gruesas, la coquilla se calienta hasta 200-250°C.

2.7.6. Fundición a presión

En lugar de utilizar la gravedad para verter el metal fundido en el molde se puede utilizar la fundición a presión o inyectada, la cual consiste en introducir el metal líquido al molde a alta presión.

La presión se mantiene hasta el llenado total del molde y compensa cualquier reducción de la pieza durante el enfriamiento, además de facilitar el llenado de geometrías complejas. Existen dos técnicas básicas en este tipo de moldeo, la fundición con máquinas de cámara caliente y con máquinas de cámara fría.

Las máquinas de cámara calientese emplean para metales como el zinc o el plomo, puesto que son metales con puntos de fusión más altos. La inyección en cámara fría se emplea para la fabricación de piezas en aluminio o aleaciones a base de cobre, ver figura 24-2.

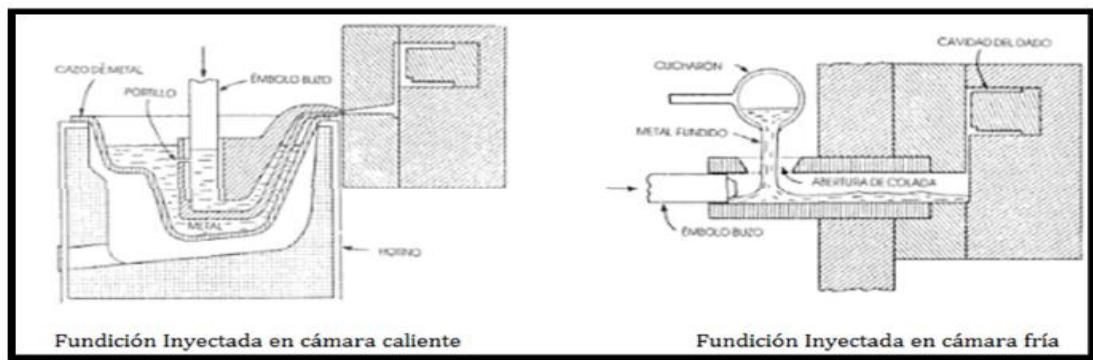


Figura 24-2: Fundición a presión

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

2.8. Tipos de block

Los blocks de motores de combustión interna vienen determinados de una sucesión de características constructivas y de funcionamiento, que se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.8.1. Por la velocidad del giro del cigüeñal

A partir de la velocidad del giro del cigüeñal tenemos:

- **Motores de baja velocidad**, funcionan entre 1500 r.p.m., estos son motores estacionarios.
- **Motores de mediana velocidad**, funcionan entre 1500 - 2500 r.p.m., se emplean en la construcción de tractores agrícolas.
- **Motores de alta velocidad**, su funcionamiento oscila desde los 3000 – 5000 r.p.m., son típicos de automóviles y otras máquinas.

2.8.2. Por la disposición de cilindros

Atendiendo a la disposición de cilindros, los motores se clasifican en motores en línea, motores en V y motores con cilindros horizontales opuestos en W o con filas paralelas de cilindros que están descritos a la forma del block con respecto al eje del cigüeñal.

Por consiguiente se detalla los distintos tipos:

- **En línea:** el motor en línea tiene cilindros uno a continuación de otro, normalmente, disponible en configuraciones de 2 o 6 cilindros.

Generalmente, son los que se utilizan en los motores de los autos de gama media y baja. El problema que tienen, es que cuando se usan muchos cilindros (6 o más) el motor queda muy largo, haciendo impráctico su uso por lo cual los motores de 6 o más cilindros en línea fueron reemplazados paulatinamente con otras configuraciones, como los en V. Los primeros motores eran en línea, de hasta 10 o 12 cilindros.

El problema de des-balanceamiento de los motores con menos cilindros fue resuelto por volantes de inercia y balancines, los cuales contrarrestaban esas fuerzas en motores de 4 en línea y V6, haciendo estos últimos más prácticos que los de 6 en línea. Otros fabricantes, como VW han intentado mezclar lo mejor de ambos haciendo motores V6 con un ángulo de bancada, (el ángulo formado por grupos de cilindros, o bancos) estrecho.

Actualmente, el más común es el de 4 cilindros en línea, aunque algunos fabricantes, como Audi, tienen motores de 5 cilindros en línea. BMW usó por bastante tiempo (hasta fines de los 90 – principios del 2000) motores de 6 cilindros en línea, al igual que Nissan en los modelos Skyline hasta la versión R34. Con el tiempo los 6 en línea fueron reemplazados por V6, más compactos y livianos, ver figura N° 25-2.



Figura 25-2: Motor en línea

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

- **En V:** los motores en V están compuestos por dos bloques con la mitad del total de los cilindros cada uno. Estos blocks forman un ángulo en V entre sí que depende del número de cilindros, y están fundidos en una sola pieza con la bancada.

Se puede considerar un motor en V como dos motores en línea unidos a un solo cigüeñal, con un ángulo entre ambos bancos de cilindros llamado ángulo de bancada, que depende de varios factores que no veremos, porque sería entrar en el cálculo de cosas innecesarias por esta vez. Se hacen de dos, cuatros, cinco, seis, ocho, diez y doce cilindros, siendo los dos más pequeños usados en motos y botes.

Y el bloque tiene forma de “V” por la inclinación que le da cada fabricante. Esta distribución se aplica a motores de seis, ocho e incluso doce cilindros, ver figura N° 26-2.



Figura 26-2: Motor en V

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

- **En VR:** Este motor es la misma configuración anterior, pero el grado de apertura entre las bancadas es de aproximadamente 15°, ver figura 27-2.

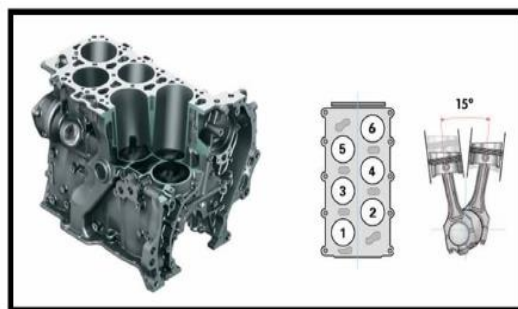


Figura 27-2: Motor en VR

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

- **Cilindros opuestos o planos, Bóxer:** Estos motores también, agrupan sus cilindros en dos blocks que van montados en una bancada común, en la cual gira el cigüeñal. Los dos blocks

forman entre ellos un ángulo de 180° (ángulo plano) y su disposición es horizontal. Esta disposición permite una reducción en la altura que ocupa el motor.

En los motores planos, los cilindros están opuestos o sea que están unos frentes a los otros y conectados a un solo cigüeñal. La forma más fácil de verlo es pensar en un motor en V con un ángulo de bancada de 180° , (que no es lo mismo, propiamente con el Bóxer). Es un diseño bastante antiguo, patentado por Karl Benz en 1896.

Este tipo de bloque se utiliza en motores de poca altura y muy anchos. A diferencia de lo que la mayoría de la gente piensa, no todos los motores planos son Bóxer.

Existen dos categorías de motores planos, los Bóxer y los en V de 180° . La diferencia entre ambos radica en la conexión de la biela al cigüeñal, donde en el motor en V de 180° , los dos cilindros opuestos están conectados al mismo muñón de manivela (similar al dibujo del motor en V) y en el motor Bóxer va una biela por muñón.

Esta configuración del motor fue usado en algunos modelos especiales de Ferrari y Alfa Romeo y probó ser más eficiente cuando el motor tiene 8 o más cilindros. La gran ventaja que ofrece los motores planos es su menor centro de gravedad, y el mejor balanceo natural. Su desventaja es su mayor costo de desarrollo.

Actualmente, Porsche y Subaru montan este tipo de motores, el último usándolo en toda su línea de vehículos. También se usó en los VW Escarabajo y Kombi, algunos modelos de Alfa Romeo, y en el Chevrolet Corvair. Incluso algunas motos BMW lo han equipado, así como en la industria aeronáutica, ver figura N° 28-2.



Figura 28-2: Motor bóxer

Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

- **En W:** Es una especie de doble V, combinada en dos o tres bancadas de cilindros y un cigüeñal, que data de la década 1920 y son usadas en algunos vehículos modernos, ver figura N° 29-2.

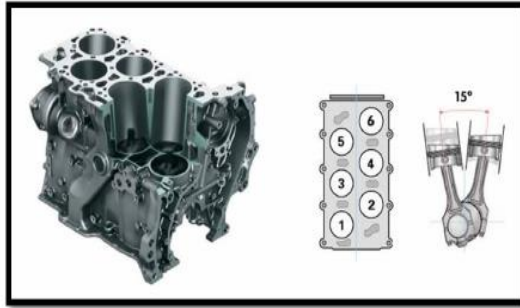


Figura 29-2: Motor en W
Realizado por: Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250 CC mediante molde permanente

2.8.3. *Mono-cilíndrico*

El block mono-cilíndrico es difundido en el sector mono-ciclístico, automovilístico. Estos han sido empleados en los primeros años de este siglo. Generalmente son refrigerados por aire, aunque no han faltado ejemplos de blocks mono-cilíndricos refrigerados por agua.

Este tipo de block tiene la ventaja de sencillez de construcción y una mayor ligereza a igualdad de cilindrado y por consiguiente una mayor economía de construcción, ver figura N° 30-2.

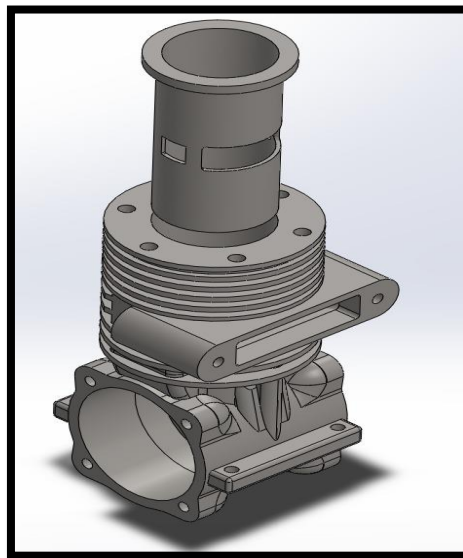


Figura 30-2: Motor mono-cilíndrico
Realizado por: Molina Jorge y Tapuy Danny (2018)

2.9. Designación de las aleaciones de aluminio

Las aleaciones de aluminio usadas para la fabricación en forma general son suministradas por compañías especializadas en forma de lingotes con las características en sus aleaciones determinadas en forma exacta de su requerimiento.

Por lo general, la mayoría de los materiales utilizados en la manufactura, cuentan con una designación normalizada expresada por medio de cifras, letras y signos.

Acorde a la Norma DIN 1725, la cual es aquella que designa según el tipo de elaboración o la forma de suministro nos indica que las aleaciones de aluminio para elaborar llevan letras antepuestas, las cuales indican el proceso de obtención.

G: Lingotes y fundición en arena

GK: Fundición en coquilla.

GD: Fundición a presión.

GZ: Fundición centrífuga.

Tabla 3-2: Denominación de los símbolos químicos según “DIN 1700”

DENOMINACIÓN DE LOS SÍMBOLOS QUÍMICOS SEGÚN “DIN 1700”							
Ag	Plata	Cr	Cromo	Mn	Manganesio	Ti	Titanio
Al	Aluminio	Co	Cobalto	Na	Sodio	V	Vanadio
B	Boro	Cu	Cobre	Ni	Niquel	Zn	Cinc
Be	Berilio	Fe	Hierro	Pb	Plomo	Zr	Circonio
Bi	Bismuto	Mg	Magnesio	Sn	Estanio	Si	Silicio

Fuente: Equipo de investigadores, 2018

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny (2018)

Son ejemplos de lo expuesto los siguientes:

- G-AlSi12
- GK-AlSi6Cu4
- GZ-Al Si 18

De acuerdo a la Norma DIN 1700, la cual es aquella que designa la descomposición química de los materiales no ferrosos nos indica los símbolos abreviados normalizados para el aluminio, los cuales se basan en los datos de pureza mínima y sobre los símbolos químicos de los componentes más importantes con diversas letras colocadas delante o detrás, junto con números intercalados. Los siguientes símbolos químicos están contenidos en las normas para los componentes de aleación y de adición permisibles, ver en tabla N° 3-2.

El símbolo abreviado comienza con Al para el metal base aluminio, inmediatamente, siguen los principales elementos de aleación completados con el tanto por ciento en masa siempre y cuando sea necesario para la diferenciación, por ejemplo: AlMn1, AlMg4.5Mn. etc.

2.10. Materiales alternativos

Es la formación de dos o más materiales para obtener otro material con distintas propiedades y características de su composición general.

Este tipo de materiales son una gran selección de aplicaciones en la ingeniería., por lo cual se busca nuevos materiales que brinden mayores características con menores costos ayudando, así a la economía del país.

Los materiales alternativos usados para el desarrollo de ésta investigación son:

- Aluminio 6061
- Fundición Gris EN GJL 300
- Aleación de Fundición Gris GJLA XNiMn13 7
- Aluminio EN AC-44300 Fundición a Presión
- Fundición de Magnesio, serie AJ, AJ62A

2.11. Importancia de los materiales alternativos en la industria

Los problemas de la industria del automóvil es la gran cantidad de materiales derivados del petróleo que se emplean. En los últimos años, se ha ido incrementando constantemente, por lo cual los materiales plásticos se han encarecido, también.

Además, se busca que los materiales, los cuales forman el automóvil sean ecológicos y reciclables. Con la consecuencia de no depender del precio del petróleo y de no dañar al medio ambiente, se empezaron a incorporar materiales ecológicos. Estos nuevos materiales deben mantener los estándares de calidad y minimizar su peso en la medida de lo posible para poder reducir las emisiones de CO₂.

También, se investiga la reutilización de residuos de otros procesos que procedan de fuentes renovables, puesto que son más económicos. Los procesos que se empleen en su obtención deben respetar el medio ambiente.

El acero y el hierro semejante al resto de los metales pueden ser reciclados, una vez que su uso inicial ha llegado a su término, un número prácticamente ilimitado de veces, sin perder calidad y cualquiera que haya sido su origen.

Las principales fuentes de chatarra tanto ferrosa como no ferrosa son:

- Propia o de origen: La generada en la fábrica, refinería o fundición y que en general, es recuperada y utilizada de nuevo en la misma planta.

- De origen industrial: La chatarra procedente de recortes y mermas surgidos en el proceso de elaboración de un producto de consumo como electrodomésticos, latas y envases de acero, aerosoles, maquinaria, barcos, automóviles, trenes, etc., en el que intervienen productos metálicos.
- Obsoleta: La chatarra procedente de productos ya obsoletos que han cumplido su ciclo de vida de uso. En general, esta chatarra representa un porcentaje muy importante de los residuos metálicos, pero su aprovechamiento requiere de importantes esfuerzos relacionados con su recogida, clasificación, reparación y reciclado de los productos metálicos asociados. Es el caso de los Residuos de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y Vehículos Fuera de Uso (VFU).

Si se logra obtenerlo sin ningún tipo de contaminantes, se trata de un material 100% reciclable y puede reciclarse un gran número de veces, donde la única limitación al rendimiento del reciclado viene determinada por tres factores:

- La efectividad del proceso de recuperación de los usos previos.
- La efectividad del proceso del proceso de recolección y selección.
- Las dificultades técnicas del reprocesamiento.

Toda chatarra ferrosa, una vez prensada en forma de grandes balas compactadas, es enviada a las acerías, donde el proceso de obtención de nuevos productos siderúrgicos, a partir de chatarras férricas se realiza mediante hornos.

2.11.1. Reciclado de metales ferrosos

Para poder obtener un metal completamente reciclado y óptimo para su posterior uso, es necesario ejecutar un procedimiento, en el cual se eliminan los contaminantes o sustancias nocivas que pueda contener hidrocarburos, pinturas, etc., la chatarra se somete a un procedimiento de triturado, lavado con una disolución de hidróxido sódico que elimina todos los contaminantes incrustados en el metal. Luego, este se almacena hasta su posterior traslado a la acería para su tratamiento final.

Así, se debe tener en cuenta que dependiendo de la contaminación, la cual tenga un residuo ferroso, se debe elegir una técnica u otra. En el caso de que el metal provenga de recogida selectiva, desmontaje de RAEE o de VFU se puede elegir realizar un prensado y transporte a reciclaje final. En caso de tener metal contaminado, procedente de envases industriales, por ejemplo, se deberá realizar la descontaminación del residuo para mejorar su posterior tratamiento final y las condiciones medioambientales del mismo.

En el caso particular de las latas de alimentos, es necesario remover el estaño. Primero, se debe triturar y remover contaminantes para posteriormente, realizar la remoción electrolítica de la placa de estaño.

Aquel acero que no contiene estaño tan solo requiere de un buen lavado para remover sustancias químicas para su posterior procesamiento.

El acero es fácilmente identificable en los residuos urbanos, a través de la separación magnética. Si se logra obtenerlo sin ningún tipo de contaminantes, se trata de un material 100% reciclable y puede reciclarse infinidad de veces, ver figura N° 31-2.

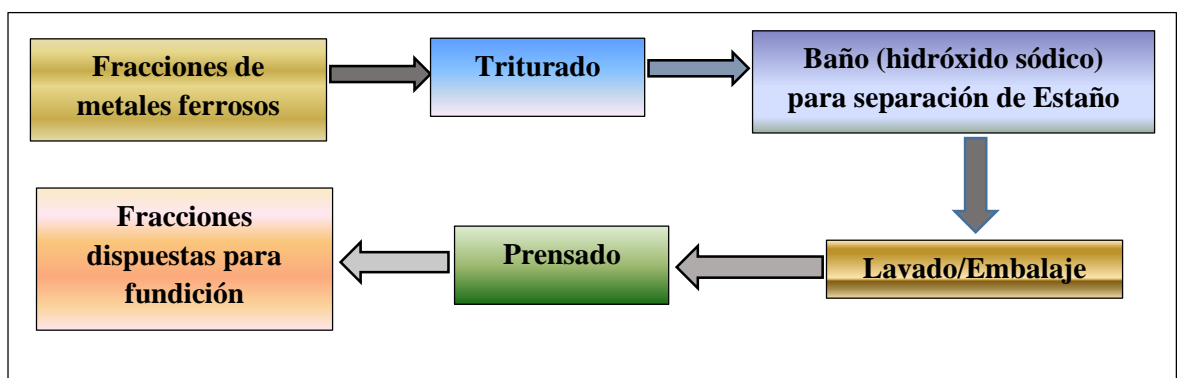


Figura 31-2: Esquema de reciclaje de acero usado para hojalata
Realizado por: Reciclado o recuperación de metales compuestos metálicos ferrosos

Para esto es necesario detallar el reciclado y la recuperación de chatarra en Colombia según a los autores (Estrada, y otros, 2013 págs. 7, 8, 9).

2.11.2. El reciclaje y la recuperación de chatarra en Colombia

La proporción, dicen los empresarios está dividida en un 30% que se queda en las industrias nacionales y que lo pagan a un menor precio y un 70% que sale directamente de las prensadoras a los camiones que llevan en viajes de 20 y 40 toneladas de chatarra hacia los puertos nacionales.

Actualmente, es muy difícil estimar un número medianamente aproximado de cuántas personas viven del reciclaje en Colombia, puesto que además de los recicladores-recolectores, la cadena productiva del reciclaje involucra a una gran variedad de actores, los cuales realizan actividades de: generación, recolección y recuperación, almacenamiento, pre-transformación, transformación y comercialización de las materias primas recuperadas.

El Estudio “El reciclaje en Bogotá: Actores, procesos y perspectivas” (DANE-UAESP, 2003), afirma que: “los recicladores de oficio, organizados y no organizados, son más de 18.506 personas que dependen de la actividad, de las cuales 8.479 trabajan directamente en el reciclaje en acción

de recuperación. Las 10.027 restantes, en su calidad de familiares dependen económicamente de este oficio. El número total de personas dependientes del reciclaje se incrementa si se tiene en cuenta al personal vinculado a las bodegas de recepción de residuos que asciende a más de 3.170.

2.11.3. Importancia del reciclaje del acero

Usando acero reciclado, en vez de minerales vírgenes se logran grandes ventajas ambientales como: La reducción de desechos como la escoria y polvo evitando la contaminación del suelo, agua y aire. Menor generación de residuos y menor uso de energía. También, se conservan los recursos naturales y se prolonga la vida útil de los sitios de disposición final de residuos.

Según algunas apreciaciones se logran los siguientes beneficios:

- 74% menos uso de energía
- 90% de ahorro en uso de materiales vírgenes
- 86% de reducción de la contaminación atmosférica
- 40% menos uso del agua
- 76% menos contaminación de agua por efluentes líquidos
- 97% de reducción en la generación de residuos

Se puede mencionar que en el reciclaje de acero se ahorran 1,5 toneladas de minerales de hierro y media tonelada de carbón comparándolo con el procesamiento con material virgen. Hoy en día, el acero es el principal material reciclado, por lo cual existe todo un mercado desarrollado en torno al reciclaje de acero, con su consecuente generación de empleo.

Son tan altos los ahorros generados por el reciclaje de acero que a nivel mundial esta actividad es considerada rentable. De esta forma, por tanto convierte los residuos en recursos para la producción de bienes y reduce el uso de materia prima renovable y no renovable.

2.11.4. Dificultades del reciclaje de metales ferrosos

Este material es fácilmente reciclable, pero su principal problema radica en la presencia de contaminantes. Es por ello que obteniendo una buena clasificación y limpieza del material, no existen grandes problemas para su reciclaje, ver figura N° 32-2.

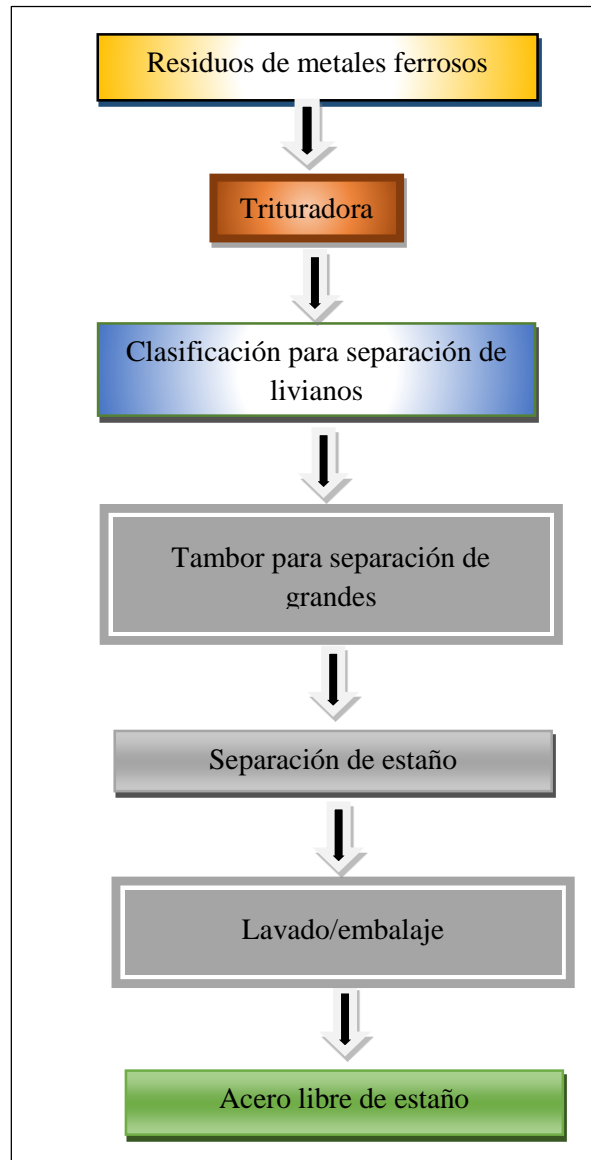


Figura 32-2: Esquema de reciclaje de acero
Realizado por: Reciclado o recuperación de metales compuestos metálicos ferrosos

Acorde a esta indagación de “Reciclado o recuperación de metales compuestos metálicos ferrosos”, se ha arrojado a los resultados acerca del impacto ambiental e impacto social y económico.

2.11.5. Impacto ambiental

- Reducción del volumen de residuo generado por la industria metal mecánica, construcción, minera, alimenticia etc.
- Reducción de desechos de metal en el medio ambiente.
- Menor consumo de material virgen no renovable.

- Menor emanación de gases y disminución de químico producto de la industrialización de los metales usando materia prima reciclables producto del ahorro energéticos, disminución de contaminantes y residuos.
- Mejor uso de los recursos naturales.

2.11.6. Impacto social y económico

- Generación de fuente de empleo en sectores vulnerables.
- Prevenir la disminución de los efectos directos en salud, higiene derivado de la generación de desechos.
- Opciones de mejora en los ingresos económico de sector reciclaje.
- Disminución del gasto en consumo energético, social y público.
- Economía de escala en la elaboración de productos por reducción de costo de industrialización.

Por último se puede concluir, de esta forma que la generación y el tratamiento eficaz de los residuos producidos, es un tema cada vez, más importante en las sociedades modernas. Debido a lo cual en este contexto, donde las actividades de reciclaje cobran una especial importancia, se cuenta que ésta se constituye como la mejor opción para los objetos cuya vida útil haya acabado del todo, estableciendo, al mismo tiempo, importantes beneficios adicionales en términos de menores recursos consumidos tales como materias primas, energía, menores impactos finales en el medio ambiente, etc.

Particularmente, el reciclaje de residuos y chatarras metálicas es relevante dentro del sector de reciclaje, teniendo en cuenta la importancia y el volumen de residuos de carácter metálicos– chatarras generadas en las fábricas, refinerías o fundiciones, recortes y mermas surgidas en el proceso de elaboración de un producto metálico, aparatos de transporte que han cumplido su vida de uso como vehículos, trenes o barcos, envases metálicos, los cuales fueron utilizados, Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, etc.

Son los recicladores los que recogen, clasifican y tratan tanto física como químicamente todos éstos residuos metálicos, de forma que puedan ser posteriormente re-utilizados en otros procesos productivos.

El proceso de recuperación y reciclado de metales conlleva unos riesgos generales para la seguridad y la salud de los trabajadores. Entre los mismos, es posible destacar los ligados al manejo manual de los materiales, la presencia de polvos en suspensión y humos elevados, niveles de ruidos, golpes de calor, riesgo de caídas de cargas o la presencia de gases y emisiones tóxicas; éstas acorde a la consecuencia, de determinados procesos físicos o químicos.

Es muy importante conocer la importancia de las propiedades de los metales ferrosos, para la industria y la construcción y las virtudes del acero, puesto que es el material más usado actualmente en el mundo.

A pesar de que el hierro es del acero un material ferroso reciclable, también, se puede y es más común hablar del acero como el principal material ferroso reciclable, a causa de que el hierro es el principal componente del acero y al referirse al proceso de reciclaje del acero, inevitablemente, se hace referencia al reciclaje del hierro.

Además de que se puede percibir el uso del acero es más común, que el uso del hierro en ese estado para la producción de todo tipo de productos, a causa de las características del acero.

Cabe resaltar que debido a las características favorables en las cuales presenta el acero para el reciclaje, es claro que se puede considerar como uno de los mejores materiales de reciclaje que existen, por lo cual se podría plantear ejecutar la sustitución de otros materiales que resultan contaminantes por el acero.

CAPÍTULO III

3. Análisis de materiales alternos para la fabricación del block de motor PYP 10

En esta sección se analiza el material del block original a través de un análisis químico para determinar la composición porcentual del tipo de material de éste. Para elaborar el estudio se procede a hacer una observación del block del motor con el fin de determinar una parte donde se pueda ejecutar el análisis del material que está hecho.

El procedimiento a elaborar es lijar la parte inferior del block con una lija de numeración 420. Una vez efectuada la acción se procede a un ataque químico al material para poder someter a un análisis mediante el software Bruker, (Bruker Analisis Report), el cual muestra una tabla del porcentaje químico de que está compuesto el material.

El porcentaje químico del material a ser usado para la fabricación del Block PYP 10, ver tabla N° 4-3.

Tabla 4-3: Bruker Analisis Report

Sample			Method: Al120		
Análisis Time: 31.05.2018					
Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]	
11,21	0,424	0,048	0,022	0,242	
Cr [%]	Ni [%]	Zn [%]	Ti [%]	Pb [%]	
0,0014	0,016	0,069	0,022	0,242	
Sn [%]	V [%]	Sr [%]	Zr [%]	Mg [%]	
<0,0100	<0,0040	<0,0030	0,011	<0,0030	
Ca [%]	Al [%]				
0.023	87,89				

Fuente: Equipo de investigadores, 2018.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

Dentro del proyecto de indagación, la selección de materiales para la fabricación del Block PYP 10 se partirá con el estudio de la composición química del material del block original. Primeramente, se procede a una limpieza total del block para identificar un área, donde se pueda lijar y dejar lo más visible la estructura del material, es decir, a ésta dejarle en apariencia a la de un espejo.

Una vez obtenido el análisis químico del material acorde al block original, los resultados arrojaron que es una fundición de Aluminio A413.0. Este fundido a presión (die cast en inglés), para lo cual con la ayuda del software CES EDUPACK 2015 ejecutamos la indagación del material, puesto que este software contiene todos los datos necesarios para analizar las alternativas de materiales a usar para este proyecto de investigación.

“CES EDUPACK es un conjunto único de recursos de enseñanza, los cuales respaldan la Educación de Materiales en Ingeniería, Diseño, Ciencia y Desarrollo Sostenible”. (Ashby, 2015).

Las ventajas del software CES EDUPACK 2015 son que:

- Disfruta enseñando a estudiantes comprometidos usando software interactivo y visual.
- Enseñar habilidades transferibles, incluida la selección racional de materiales.
- Obtenga acceso rápido a datos de materiales confiables, ahorrando tiempo.
- Mantenga los cursos actualizados con los últimos recursos y datos (las últimas incorporaciones cubren la sostenibilidad y la fabricación aditiva).
- Usa recursos de autoaprendizaje para reforzar a los estudiantes a indagar acerca de los conocimientos de la ingeniería de materiales.
- Aplicar estudios de casos industriales reales.
- Fomentar el aprendizaje inter-disciplinario, la comunicación y el intercambio de recursos.

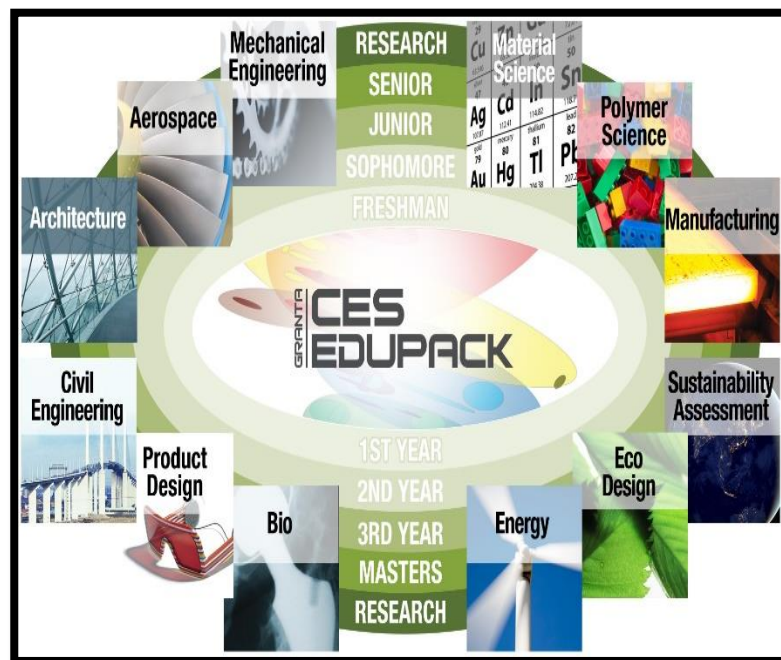


Figura 33-3: Software para aplicar en diferentes profesiones

Figura tomada de: <http://www.grantadesign.com/education/editions/>

Gracias a este programa se puede analizar de forma inmediata los materiales a utilizar para la mecanización del block PYP 10 los materiales a elegir son:

- Aluminio 6061
- Fundición Gris EN GJL300
- Aleación de Fundición Gris GJLA XNiMn 13 7
- Aluminio EN AC- 44300 Fundición a Presión F
- Fundición de Magnesio, serie AJ, AJ62A

3.1. Aluminio 6061, forjado T6

El aluminio 6061, forjado T6 aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio y se emplea comúnmente en formas pre-templadas como el 6061-O y las templadas como el 6061-T6 y 6061-T651. Ver figura N° 34-3.



Figura 34-3: Aluminio 6061, forjado T6
Figura tomada de: <http://www.grantadesign.com/education/editions/>

Originalmente, es denominado *aleación 61S* que fue desarrollada en 1935, este tiene buenas propiedades mecánicas y para su uso en soldaduras. Es una de las aleaciones más comunes de aluminio para uso general, especialmente, en estructuras de alta resistencia que requieran un buen comportamiento frente a la corrosión de camiones, barcos, vehículos ferroviarios, mobiliario y tuberías.

3.1.1. Características específicas

Este material de aluminio 6061, forjado T6 tiene sus características específicas, ver tabla N^a5-3.

Tabla 5-3: Características específicas

INFORMACION GENERAL	
Designación	○ 6061
Condición	○ T6 (Solución tratada térmicamente y envejecida artificialmente)
Número ONU	○ A96061
Nombre de EN EN número	○ EN AW-6061 (EN AW- Al Mg1SiCu) ○ 3.3211
Usos típicos	○ Equipos de transporte ○ Estructuras de servicio pesado ○ Usos marinos ○ Tuberías, muebles ○ Puentes, rieles, torres, torres de alta tensión.
Resumen de composición	○ Al96-99 / Mg0.8-1.2 / Si0.4-0.8 / Cu0.15-0.4 / Cr0.04-0.35 (impurezas: Fe <0.7, Zn <0.25, Mn <0.15, Ti <0.15, Otro <0.15) ○ Material de la familia Metal (no ferroso) ○ Material base Al (Aluminio)
Detalle de composición	○ Al (aluminio) 95,8 - 98,6% ○ Cr (cromo) 0,04 - 0,35% ○ Cu (cobre) 0,15 - 0,4% ○ Fe (hierro) 0 - 0,7% ○ Mg (magnesio) 0,8 - 1,2% ○ Mn (manganeso) 0 - 0,15% ○ Si (silicio) 0,4 - 0,8% ○ Ti (titanio) 0 - 0,15% ○ Zn (zinc) 0 - 0,25% ○ Otro 0 - 0,15%
Precio	○ 2,14 - 2,36 USD / kg

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.1.2. Propiedades físicas

De este modo, el material de aluminio 6061, forjado T6 tiene sus propiedades físicas, ver tabla N^a 6-3.

Tabla 6-3: Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	○ $2,67e^3 - 2,73e^3 \text{ kg/m}^3$

Fuente: CES EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.1.3. Propiedades mecánicas

De esta manera, el material de aluminio 6061, forjado T6 tiene sus propiedades mecánicas, ver tabla N° 7-3.

Tabla 7-3: Propiedades mecánicas

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo de Young	○ 68 - 74 GPa
Límite de elasticidad (límite elástico)	○ 193 -290 MPa
Resistencia a la tracción	○ 241 - 320 MPa
Elongación	○ 12 - 17% de tensión
Resistencia a la compresión	○ 207 – 290 MPa
Módulo de flexión	○ 68 - 74 GPa
Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)	○ 193 – 290 MPa
Módulo de corte	○ 25 - 27 GPa
Módulo a granel	○ 65 - 72 GPa
Proporción de Poisson	○ 0,325 - 0,335
Factor de forma	○ 27
Dureza - Vickers	○ 95 - 105 HV
Dureza - Brinell	○ 95 - 105 MPa
Resistencia a la fatiga	○ a 10^7 ciclos 90 - 100 MPa
Modelo de resistencia a la fatiga (rango de tensión)	○ 56,4 - 87,8 MPa
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	○ $1e^{-4}$ - 0,002

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.1.4. Fatigue strength model (Modelo de resistencia a la fatiga)

De acuerdo a (GRANTA MI, 2015) entregó una serie de mejoras y mejoras guiadas por el Consorcio de Gestión de Datos Materiales (MDMC) para mantener, usar y analizar los datos de materiales que son críticos en la industria aeroespacial, defensa y energía. Por ejemplo, las nuevas ecuaciones incorporadas y la función lógica proporcionaron la capacidad de almacenar y trazar los modelos de materiales. Particularmente, esto es útil para grupos de materiales que buscan desarrollar y perfeccionar descripciones de propiedades de materiales complejos y para diseñadores e ingenieros que desean aplicar esta información. Ver en el gráfico N° 1-3.

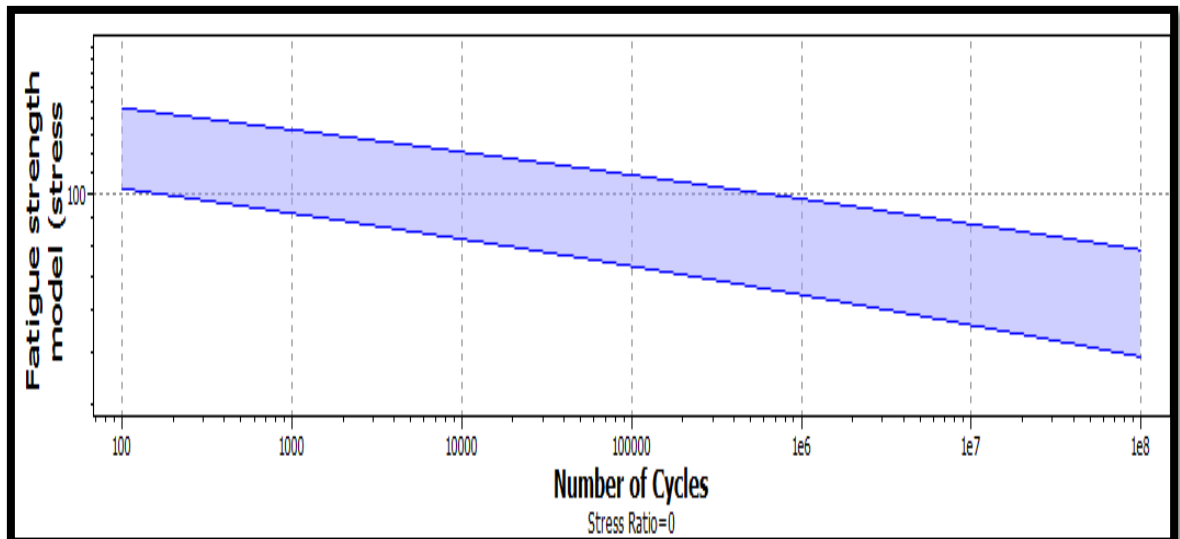


Gráfico 1-3: Fatigue strength model
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny
 CES EDUPACK, 2015

3.1.5. Propiedades de impacto y fractura

El material de aluminio 6061, forjado T6 tiene sus propiedades de impacto y fractura, ver tabla N° 8-3.

Tabla 8-3: Propiedades de impacto y fractura

PROPIEDADES DE IMPACTO Y FRACTURA	
Tenacidad a la fractura	○ 33 - 35 MPa m ^{0.5}

Fuente: CES EDUPACK, 2015.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.1.6. Propiedades termaltes

El material de aluminio 6061, forjado T6 tiene sus propiedades termaltes, ver tabla N° 9-3.

Tabla 9-3: Propiedades termaltes

PROPIEDADES TERMALES	
Punto de fusión	○ 580 - 650 °C
Temperatura máxima de servicio	○ 130 - 150 °C
Temperatura mínima de servicio	○ - 273 °C
Conductividad térmica	○ 152 - 169 W / m. °C
Capacidad calorífica específica	○ 878 - 914 J / kg. °C

Coefficiente de expansión térmica	○ 22,7 - 23,9 $\mu\text{strain} / ^\circ\text{C}$
Calor latente de fusión	○ 384 - 393 kJ / kg

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.1.7. Propiedades eléctricas

Este material de aluminio 6061, forjado T6 tiene sus propiedades eléctricas, ver tabla N° 10-3.

Tabla 10-3: Propiedades eléctricas

PROPIEDADES ELÉCTRICAS	
Resistencia eléctrica	○ 3,9 - 4,1 $\mu\text{ohm.cm}$
Potencial galvánico	○ -0,79 - -0,71 V

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.1.8. Reciclaje y fin de vida

El material de aluminio 6061, forjado T6 tiene su reciclaje y fin de vida, ver tabla N° 11-3.

Tabla 11-3: Reciclaje y fin de la vida

RECICLAJE Y FIN DE LA VIDA	
Reciclar	○ Verdadero
Energía incorporada, reciclaje	○ 32,4 - 35,8 MJ / kg
Huella de CO ₂ , reciclaje	○ 2,54 - 2,81 kg / kg
Fracción de reciclaje en suministro actual	○ 40,5 - 44,7%
Combustible para recuperación de energía	○ Falso

Fuente: CES EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.2. Fundición gris en GJL300

Fabricación personalizada de fundición gris y dúctil fundición de hierro de autopartes por su diseño, ver figura N° 35-3.

- Un estricto control de calidad y plazos de entrega.
- Estándar: BS, DIN, ASTM.
- Bueno en custom.
- Original Equipment Manufacturer (OEM), en español “fabricante de equipos originales”.
- Proceso tecnológico: moldeado en arena + mecanizado CNC.



Figura 35-3: Fundición de gris en GJL 300
Figura tomada de: <http://www.grantadesign.com/education/editions/>

3.2.1. Características específicas

Este material de fundición gris EN GJL 300 tiene sus características específicas, ver tabla N^a 12-3.

Tabla 12-3: Características específicas

INFORMACIÓN GENERAL	
Designación	<ul style="list-style-type: none"> ○ BS EN 1561: 1997 EN GJL 300
Registro basado	<ul style="list-style-type: none"> ○ en BS 1542: 1990 BS grado 300.
Número UNS	<ul style="list-style-type: none"> ○ F131016061
Usos típicos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Discos de freno y tambores ○ Árboles de levas ○ Bloques de motor ○ Camisas de cilindro, anillos de pistón ○ Partes estructurales de la máquina herramienta
Resumen de composición	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fe93 / C3 / Si1.7 / Ni1.1 / Mn0.6 / Cr0.5 (impurezas: P <0.2, S <0.12) ○ Familia de materiales Metal (ferroso) ○ Material base Fe (hierro)
Detalle de composición	<ul style="list-style-type: none"> ○ C (carbono) 3% ○ Cr (cromo) 0,5% ○ Fe (hierro) 92,8 - 93,1% ○ Mn (manganeso) 0,6% ○ Ni (níquel) 1,1% ○ P (fósforo) 0 - 0,2% ○ S (azufre) 0 - 0,12% ○ Si (silicio) 1,7%
Precio	<ul style="list-style-type: none"> ○ 0,639 - 0,705 USD / kg

Fuente: Equipo de investigadores, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.2.2. Propiedades físicas

De este modo, el material de fundición gris EN GJL 300 tiene sus propiedades físicas, ver tabla N° 13-3.

Tabla 13-3: Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	○ $7,2e^3 - 7,3e^3 \text{ kg/m}^3$

Fuente: CES EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.2.3. Propiedades mecánicas

De este modo, el material de fundición gris EN GJL 300 tiene sus propiedades mecánicas, ver tabla N° 14-3.

Tabla 14-3: Propiedades mecánicas

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo de Young	○ 121 - 140 GPa
Límite de elasticidad (límite elástico)	○ 195 - 228 MPa
Resistencia a la tracción	○ 300 - 400 MPa
Elongación	○ 0,23 - 0,33% de cepa
Resistencia a la compresión	○ 390 - 460 MPa
Módulo de flexión	○ 121 - 140 GPa
Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)	○ 225 - 265 MPa
Módulo de corte	○ 47 - 56 GPa
Módulo a granel	○ 82 - 100 GPa
Proporción de Poisson	○ 0,255 - 0,265
Factor de forma	○ 24
Dureza - Vickers	○ 171 - 285 HV
Resistencia a la fatiga	○ a 10^7 ciclos 85 - 158 MPa
Modelo de resistencia a la fatiga (rango de tensión)	○ 63,2 - 116 MPa
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	○ 0,01 - 0,035

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.2.4. Fatigue strength model (Modelo de resistencia a la fatiga)

Este gráfico acorde a lo señalado, anteriormente, ver gráfico N° 2-3.

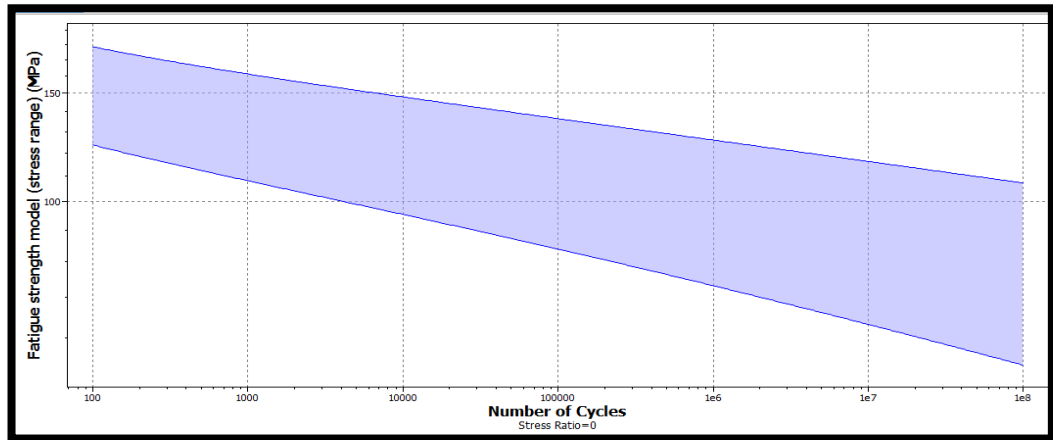


Gráfico 2-3: Fatigue strength model
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny
CES EDUPACK, 2015

3.2.5. Propiedades de impacto y fractura

El material de fundición gris EN GJL 300 tiene sus propiedades impacto y fractura, ver tabla N° 15-3.

Tabla 15 -3: Propiedades de impacto y fractura

PROPIEDADES DE IMPACTO Y FRACTURA	
Tenacidad a la fractura	○ 14 - 18 MPa m ^{0.5}

Fuente: CES-EDUPACK, 2015.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.2.6. Propiedades termales

De este modo, el material de fundición gris EN GJL 300 tiene sus propiedades termales, ver tabla N° 16-3.

Tabla 16-3: Propiedades termales

PROPIEDADES TERMALES	
Punto de fusión	○ 1,13e3 - 1,27e3 °C
Temperatura máxima de servicio	○ 350 - 450 °C
Temperatura mínima de servicio	○ -150 - -50 °C
Conductividad térmica	○ 43 - 49 W / m. °C
Capacidad calorífica específica	○ 460 - 505 J / kg. °C
Coefficiente de expansión térmica	○ 11 - 13 μ strain / °C

Calor latente de fusión	○ 270 - 275 kJ / kg
-------------------------	---------------------

Fuente: CES-EDUPACK, 2015.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.2.7. *Propiedades eléctricas*

De esta manera, el material de fundición gris EN GJL 300 tiene sus propiedades eléctricas, ver tabla N^a 17-3.

Tabla 17-3: Propiedades eléctricas

PROPIEDADES ELÉCTRICAS	
Resistencia eléctrica	○ 68 - 72 μ ohm.cm
Potencial galvánico	○ -0,48 - -0,4 V

Fuente: CES EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.2.8. *Reciclaje y fin de la vida*

El material de fundición gris EN GJL 300 tiene sus propiedades impacto y fractura, ver tabla N^a 18-3.

Tabla 18-3: Reciclaje y fin de vida

RECICLAJE Y FIN DE LA VIDA	
Reciclar	○ Verdadero
Energía incorporada, reciclaje	○ 8,1 - 8,96 MJ / kg
Huella de CO ₂ , reciclaje	○ 0,636 - 0,703 kg / kg
Fracción de reciclaje en suministro actual	○ 65,8 - 72,7%
Combustible para recuperación de energía	○ Falso
Biodegrado	○ Falso

Fuente: CES-EDUPACK, 2018.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.3. Aleación de fundición gris GJLA XNIMN 13 7

El hierro fundido, hierro colado, hierro triturado, más conocido como fundición gris GJLA XNIMN 13 7 es un tipo de aleación cuyo tipo más común es el conocido como *hierro fundido gris*.

El hierro gris GJLA XNIMN 13 7 es uno de los materiales ferrosos más empleados y su nombre se debe a la apariencia de su superficie al romperse. Esta aleación ferrosa contiene en general, más de 2 % de carbono y más de 1 % de silicio.

Además de manganeso, fósforo y azufre. Una característica distintiva del hierro gris GJLA XNIMN 13 7 es que el carbono se encuentra en general como grafito, adoptando formas irregulares descritas como *hojuelas*. Este grafito es el que da la coloración gris a las superficies ver tabla N^a 19-3.

Tabla 19-3: Características específicas

INFORMACIÓN GENERAL	
Designación	○ BS EN 13835: 2002 ES GJLA XNiMn 13 7.
Registro basado	○ En BS 3468: 1986 ex BS L-NiMn 13 7.
Número UNS	○ F41004
Usos típicos	○ Bombas y recipientes para líquidos cáusticos ○ Partes del horno ○ Colectores de escape ○ Carcasas de turbocompresores ○ Cuerpos de válvula
Resumen de composición	○ Fe72-80 / Ni12-14 / Mn6-7 / Si1.5-3 (impurezas: C <3, Cu <0.5, P <0.25, Cr <0.2) ○ Familia de materiales Metal (ferroso) ○ Material base Fe (hierro)
Detalle de composición	○ C (carbono) 0 - 3% ○ Cr (cromo) 0 - 0,2% ○ Cu (cobre) 0 - 0,5% ○ Fe (hierro) * 72 - 80,5% ○ Mn (manganeso) 6 - 7% ○ Ni (níquel) 12 - 14% ○ P (fósforo) 0 - 0,25% ○ Si (silicio) 1,5 - 3%
Precio	○ 2,72 - 3 USD / kg

Fuente: CES-EDU PACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.3.1. Propiedades físicas

Este material de aleación de fundición gris GJLA XNIMN 13 7 tiene sus propiedades físicas, ver tabla N^a 20-3.

Tabla 20-3: Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	○ $7,25e^3 - 7,35e^3 \text{ kg/m}^3$

Fuente: CES EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.3.2. Propiedades mecánicas

De este modo, el material de aleación de fundición gris GJLA XNIMN 13 7 tiene sus propiedades mecánicas, ver tabla N^a 21-3.

Tabla 21-3: Propiedades mecánicas

PROPIEDADES MECÁNICAS

Módulo de Young	○ 70 - 90 GPa
Límite de elasticidad (límite elástico)	○ 90 - 145 MPa
Resistencia a la tracción	○ 140 - 220 MPa
Elongación	○ 0,5 - 1% de tensión
Resistencia a la compresión	○ 180 - 290 MPa
Módulo de flexión	○ 70 - 90 GPa
Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)	○ 100 - 170 MPa
Módulo de corte	○ 27 - 36 GPa
Módulo a granel	○ 50 - 69 GPa
Proporción de Poisson	○ 0,27 - 0,28
Factor de forma	○ 24
Dureza - Vickers	○ 125 - 160 HV
Resistencia a la fatiga	○ 10^7 ciclos * 55 - 100 MPa
Modelo de resistencia a la fatiga (rango de tensión)	○ 35,3 - 73,8 MPa
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	○ 0,01 - 0,013

Fuente: CES EDUPACK, 2015.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.3.3. *Fatigue strength model (Modelo de resistencia a la fatiga)*

El gráfico de acuerdo a lo señalado, arriba, ver gráfico N° 3-3.

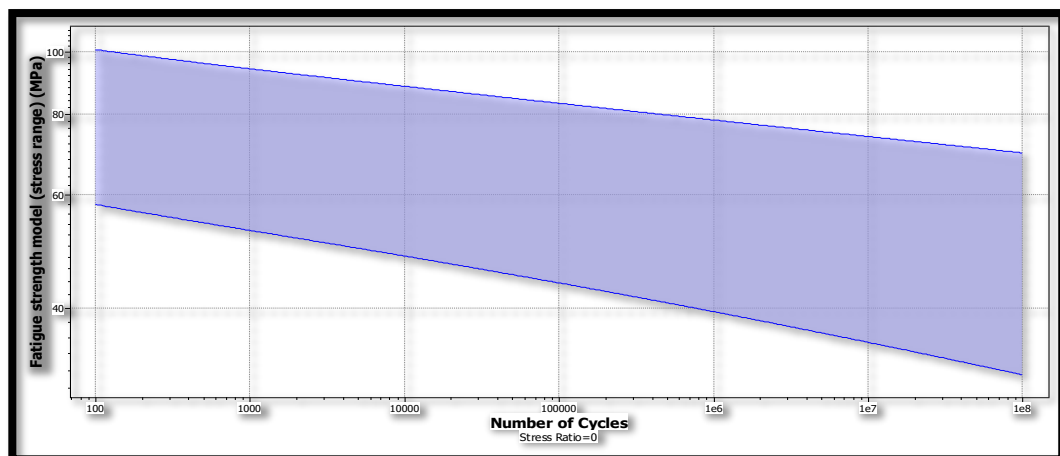


Gráfico 3-3: Fatigue strength model
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny
 CES-EDUPACK, 2015

3.3.4. *Propiedades de impacto y fractura*

De esta manera, el material de aleación de fundición gris GJLA XNIMN 13 7 tiene sus propiedades de impacto y fractura, ver tabla N^a 22-3.

Tabla 22-3: Propiedades de impacto y fractura

PROPIEDADES DE IMPACTO Y FRACTURA	
Tenacidad a la fractura	○ 21 - 36 MPa. m ^{0.5}

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.3.5. *Propiedades termales*

El material de aleación de fundición gris GJLA XNIMN 13 7 tiene sus propiedades termales, ver tabla N^a 23-3.

Tabla 23-3: Propiedades termales

PROPIEDADES TERMALES	
Punto de fusión	○ 1,13e3 - 1,38e3 °C
Temperatura máxima de servicio	○ 450 - 500 °C
Temperatura mínima de servicio	○ -80 - -55 °C
Conductividad térmica	○ 38 - 42 W / m. °C
Capacidad calorífica específica	○ 460 - 490 J / kg. °C
Coeficiente de expansión térmica	○ 18 - 18,5 μ strain / °C
Calor latente de fusión	○ 265 - 280 kJ / kg

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.3.6. *Propiedades eléctricas*

El material de aleación de fundición gris GJLA XNIMN 13 7 tiene sus propiedades eléctricas, ver tabla N^a 24-3.

Tabla 24-3: Propiedades eléctricas

PROPIEDADES ELÉCTRICAS	
Resistencia eléctrica	○ 80 - 100 μ ohm.cm
Potencial galvánico	○ -0,52 - -0,44 V

Fuente: CES EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.3.7. Reciclaje y fin de la vida

Este material de aleación de fundición gris GJLA XNIMN 13 7 tiene su reciclaje y fin de la vida, ver tabla 25-3.

Tabla 25-3: Reciclaje y fin de la vida

RECICLAJE Y FIN DE LA VIDA	
Reciclar	○ Verdadero
Energía incorporada, reciclaje	○ 10,5 - 11,6 MJ / kg
Huella de CO2, reciclaje	○ 0,824 - 0,911 kg / kg
Fracción de reciclaje en suministro actual	○ 0,1%
Combustible para recuperación de energía	○ Falso
Biodegrado	○ Falso

Fuente: CES EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.4. Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F

El material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F se puede observar en la Figura N° 37-3.



Figura 36-3: Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F

Figura tomada de: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/2017-factory-directly-supply-aluminium-alloy-die-casting-parts-hose-coupling-209555148.html>

3.4.1. Características específicas

El material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus características específicas, ver tabla N° 26-3.

Tabla 26-3: Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F

INFORMACIÓN GENERAL	
Designación	○ EN AC-44300 (DIN EN 1706)

Número EN	<ul style="list-style-type: none"> ○ EN AC-44300 / EN AC-Al Si12 (Fe)
Usos típicos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aleación de propósito general: maquinaria ○ Bloques de motor ○ Carcasas de bomba ○ Cubiertas del motor ○ Culatas ○ Cajas de engranajes
Resumen de composición	<ul style="list-style-type: none"> ○ Al84-90 / Si10-14 (impurezas: Fe <1, Mn <0.55, Ti <0.15, Zn <0.15, Cu <0.1, Otro <0.25) ○ Material de la familia Metal (no ferroso) ○ Material base Al (Aluminio)
Detalle de composición	<ul style="list-style-type: none"> ○ Al (aluminio) * 84,3 - 89,5% ○ Cu (cobre) 0 - 0,1% ○ Fe (hierro) 0 - 1% ○ Mn (manganeso) 0 - 0,55% ○ Si (silicio) 10,5 - 13,5% ○ Ti (titanio) 0 - 0,15% ○ Zn (zinc) 0 - 0,15% ○ Otro 0 - 0,25%
Precio	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2,23 - 2,45 USD / kg

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.4.2. *Propiedades físicas*

Este material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades físicas, ver tabla N° 27-3.

Tabla 27-3: Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	<ul style="list-style-type: none"> ○ $2,65e^3 - 2,71e^3 \text{ kg/m}^3$

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.4.3. *Propiedades mecánicas*

De este modo, el material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades mecánicas, ver tabla N° 28-3.

Tabla 28-3: Propiedades mecánicas

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo de Young	<ul style="list-style-type: none"> ○ 73,5 - 76,5 GPa
Límite de elasticidad (límite elástico)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 124 - 137 MPa
Resistencia a la tracción	<ul style="list-style-type: none"> ○ 228 - 252 MPa
Elongación	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1 - 1,2%
Resistencia a la compresión	<ul style="list-style-type: none"> ○ 124 - 137 MPa
Módulo de flexión	<ul style="list-style-type: none"> ○ 73,5 - 76,5 GPa
Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 124 - 137 MPa

Módulo de corte	○ 27,5 - 28,9 GPa
Módulo a granel	○ 68,8 - 78,7 GPa
Proporción de Poisson	○ 0,322 - 0,338
Factor de forma	○ 38,2
Dureza - Vickers	○ 75,1 - 83 HV
Resistencia a la fatiga	○ 10^7 ciclos 81 - 94 MPa
Modelo de resistencia a la fatiga (rango de tensión)	○ 58,1 - 70,2 MPa
Coeficiente de pérdida mecánica (tan delta)	○ 0,005 - 0,08

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.4.4. Fatigue strength model (Modelo de resistencia a la fatiga)

El gráfico de acuerdo a lo señalado, anteriormente, ver gráfico N° 4-3.

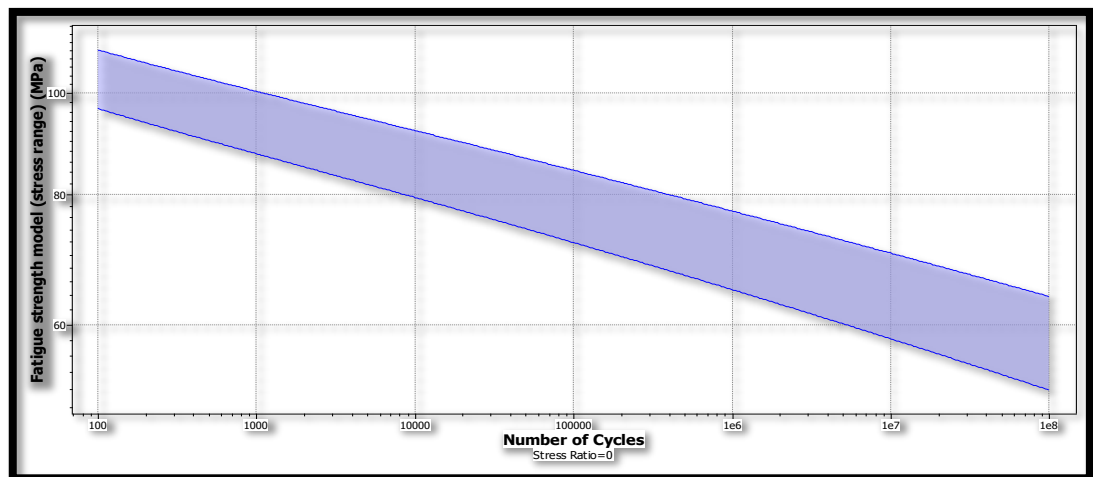


Gráfico 4-3: Fatigue strength model

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny
CES EDUPACK, 2015

3.4.5. Propiedades de impacto y fractura

El material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades de impacto y fractura, ver tabla N° 29-3.

Tabla 29-3: Propiedades de impacto y fractura

PROPIEDADES DE IMPACTO Y FRACTURA	
Tenacidad a la fractura	○ 18 – 20,5 MPa.m ^{0.5}

Fuente: CES-EDUPACK, 2015.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.4.6. *Propiedades termales*

Este material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades termales, ver tabla N^a 30-3.

Tabla 30-3: Propiedades termales

PROPIEDADES TERMALES	
Punto de fusión	○ 582 - 648 °C
Temperatura máxima de servicio	○ 170 - 200 °C
Temperatura mínima de servicio	○ -273 °C
Conductividad térmica	○ 124 - 166 W / m. °C
Capacidad calorífica específica	○ 944 - 982 J / kg. °C
Coefficiente de expansión térmica	○ 19,5 - 20,5 μ strain / °C
Calor latente de fusión	○ 384 - 393 kJ / kg

Fuente: CES-EDUPACK, 2015.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.4.7. *Propiedades eléctricas*

El material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades eléctricas, ver tabla N^a 31-3.

Tabla 31-3: Propiedades eléctricas

PROPIEDADES ELÉCTRICAS	
Resistencia eléctrica	○ 4,2 - 6,5 μ ohm.cm
Potencial galvánico	○ -0,73 - -0,65 V

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.4.8. *Reciclaje y fin de la vida*

Este material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene su reciclaje y fin de la vida, ver tabla N^a 32-3.

Tabla 32-3: Reciclaje y fin de vida

RECICLAJE Y FIN DE LA VIDA	
Reciclar	○ Verdadero
Energía incorporada, reciclaje	○ 30,9 - 34,1 MJ / kg

Huella de CO2, reciclaje	○ 2,42 - 2,68 kg / kg
Fracción de reciclaje en suministro actual	○ 40,5 - 44,7%
Combustible para recuperación de energía	○ Falso
Biodegrado	○ Falso

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.5. Fundición de magnesio, serie AJ, AJ62A

El material de fundición de magnesio, serie AJ, AJ62A se puede observar en la Figura N° 39-3.



Figura 37-3: Fundición de magnesio, serie AJ, AJ62A
Figura tomada de: <https://www.recursosdeautoayuda.com/magnesio/>

3.5.1. Características específicas

El material de fundición de magnesio, serie AJ, AJ62A tiene sus características específicas, tabla N° 33-3.

Tabla 33-3: Características específicas

INFORMACION GENERAL	
Designación	○ ASTM AJ62A
Número EN	○ UNS M17620, M17621, M10604
Nombre estadounidense	○ ASTM AJ62A
Usos típicos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aplicaciones automotrices tales como: ○ Cajas de transmisión automática ○ Bloques de motor ○ Recipientes de aceite ○ Bloques de cilindros ○ Carcasas de pistones de motor

Resumen de composición	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mg90-92 / Al5.5-6.6 / Sr2.1-2.8 / Mn0.24-0.6 / Be0.0005-0.0015 (impurezas: Zn <0.22, Si <0.1, Fe <0.04, Cu <0.01, Ni <0.001, Otro <0.1) ○ Material de la familia Metal (no ferroso) ○ Material base Mg (Magnesio)
Detalle de composición	<ul style="list-style-type: none"> ○ Al (aluminio) 5,5 - 6,6% ○ Be (berilio) 5e-4 - 0,0015% ○ Cu (cobre) 0 - 0,01% ○ Fe (hierro) 0 - 0,04% ○ Mg (magnesio) 89,5 - 92,2% ○ Mn (manganeso) 0,24 - 0,6% ○ Ni (níquel) 0 - 0,001% ○ Si (silicio) 0 - 0,1% ○ Zn (zinc) 0 - 0,22% ○ Otro 0 - 0,1%
Precio	○ 4,01 - 4,43 USD / kg

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.5.2. *Propiedades físicas*

De esta manera, el material de fundición de magnesio, serie AJ, AJ62A tiene sus propiedades físicas, tabla N° 34-3.

Tabla 34-3: Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad	○ $1,8 e^3 - 1,81e^3 \text{ kg/m}^3$

Fuente: CES-EDUPACK, 2015.

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.5.3. *Propiedades mecánicas*

De este modo, material de fundición de magnesio, serie AJ, AJ62A tiene sus propiedades mecánicas, tabla N° 35-3.

Tabla 35-3: Propiedades mecánicas

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Módulo de Young	○ 40 - 45 GPa
Límite de elasticidad (límite elástico)	○ 134 - 155 MPa
Resistencia a la tracción	○ 220 - 260 MPa
Elongación	○ 6 - 12% de tensión
Resistencia a la compresión	○ 100 - 110 MPa
Módulo de flexión	○ 40 - 45 GPa
Resistencia a la flexión (módulo de ruptura)	○ 134 - 148 MPa
Módulo de corte	○ 15 - 18 GPa

Módulo a granel	○ 37 - 40 GPa
Proporción de Poisson	○ 0,3 - 0,31
Factor de forma	○ 27
Dureza - Vickers	○ 76 - 83 HV
Resistencia a la fatiga	○ 158 - 64 MPa
Modelo de resistencia a la fatiga (rango de tensión)	○ 10^7 ciclos 76 - 84 MPa
Coefficiente de pérdida mecánica (tan delta)	○ 0,003 - 0,008

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.5.4. Propiedades de impacto y fractura

Este material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades de impacto y fractura, ver tabla N^a 36-3.

Tabla 36-3: Propiedades de impacto y fractura

PROPIEDADES DE IMPACTO Y FRACTURA	
Tenacidad a la fractura	○ 15 – 16 MPa m ^{0.5}

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.5.5. Propiedades termal

El material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades termal, ver tabla N^a 37-3.

Tabla 37-3: Propiedades termal

PROPIEDADES TERMALES	
Punto de fusión	○ 514 - 613 °C
Temperatura máxima de servicio	○ 150 - 175 °C
Temperatura mínima de servicio	○ -273 °C
Conductividad térmica	○ 75 - 95 W / m. °C
Capacidad calorífica específica	○ 950 - 1e3 J / kg. °C
Coefficiente de expansión térmica	○ 26 - 26,1 μ strain / °C
Calor latente de fusión	○ 358 - 367 kJ / kg

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.5.6. *Propiedades eléctricas*

De esta manera, el material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades eléctricas, ver tabla N° 38-3.

Tabla 38-3: Propiedades eléctricas

PROPIEDADES ELÉCTRICAS	
Resistencia eléctrica	○ 10 - 12,6 μ ohm.cm
Potencial galvánico	○ -1,58 - -1,5 V

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.5.7. *Reciclaje y fin de la vida*

De esta modo, el material de Aluminio EN AC- 44300, fundición a presión F, tiene sus propiedades eléctricas, ver tabla N° 39-3.

Tabla 39-3: Reciclaje y fin de la vida

RECICLAJE Y FIN DE LA VIDA	
Reciclar	○ Verdadero
Energía incorporada, reciclaje	○ 45,6 - 50,5 MJ / kg
Huella de CO ₂ , reciclaje	○ 3,58 - 3,96 kg / kg
Fracción de reciclaje en suministro actual	○ 36,8 - 40,7%
Combustible para recuperación de energía	○ Falso
Biodegrado	○ Falso

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

3.6. Selección de materiales alternativos

De acuerdo al análisis de los 5 materiales alternativos se ha podido seleccionar dos los cuales son:

- Aluminio 6061
- Fundición Gris EN GJL300

El primer material alternativo para la construcción del Block de Motor PYP10 es el Aluminio 6061 se seleccionó por tener características específicas, propiedades físicas, propiedades

mecánicas, propiedades de impacto y fractura, propiedades eléctricas y reciclaje y fin de la vida similares al block original.

Este material alternativo se lo puede conseguir fácilmente en el mercado; la producción del Aluminio 6061 está hecho de material reciclado que se encuentran desde latas de gaseosas, equipos de transporte, tuberías, puentes, rieles, torres de alta tensión, partes de vehículos que hayan cumplido con su ciclo de uso.

El aluminio 6061 es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio. Originalmente denominado "aleación 61S" fue desarrollada en 1935. Tiene buenas propiedades mecánicas y para su uso en soldaduras. Es una de las aleaciones de aluminio más comunes para uso general. Se emplea comúnmente en formas pre-templadas como el 6061-O y las templadas como el 6061-T6 y 6061-T651. (S/A, 2013).

La proporción de aluminio debe oscilar entre el 95.85 y el 98.56 por ciento. Este material de Aluminio 6061 es usado en todo el mundo para los moldes de inyección y soplado, construcción de estructuras de aeronaves, como: alas y el fuselaje de aviones comerciales y de uso militar, en las refacciones industriales, en la construcción de yates, incluidas pequeñas embarcaciones, en piezas de automóviles, en la manufactura de latas de aluminio para el empaquetado de comida y bebidas y es fácil de maquinar y resistente a la corrosión.

Para concluir la producción neta del block se procedió a construir en el material de Aluminio 6061 el Block PYP 10 y la camisa en el material de Fundición Gris EN GJL300.

El segundo material alternativo para la fabricación del Block y la camisa del Motor PYP10 es el Fundición Gris EN GJL300, debido a la calidad de mayor dureza (200-250 HB), con estructura totalmente perlítica dando una excelente resistencia al desgaste. Adecuada respuesta al temple superficial mejor que GG-25, mientras que todavía posee una buena maquinabilidad. Su acabado es superior a otras calidades debido a su mayor cohesión estructural. Son excelentes para producir la mecanización del Block y la camisa de Motor PYP10, este material es uno de los que se puede conseguir de manera fácil en lugares de reciclaje, talleres automotrices, automotores, etc. (S/A, 2015).

A continuación, se detalla las razones por las cuales se ha seleccionado los dos materiales alternativos, acorde a las características de uso, mecánicas, físicas, térmicas y el valor económico que se especifican en la tabla N° 40-4.

Tabla 40-4: Compendio de materiales seleccionados

Material/ Características	Aluminio 413.0	Aluminio 6061T6	Fundición Gris EN GJL300
Usos típicos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Equipos electrónicos ○ Equipo dental ○ Pistones ○ Blocks 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Equipos de transporte ○ Estructuras de servicio pesado ○ Usos marinos ○ Puentes, rieles, torres, torres de alta tensión. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Discos de freno y tambores ○ Árboles de levas ○ Bloques de motor ○ Camisas de cilindro, anillos de pistón
Densidad	$2,63e^3 - 2,68e^3 \text{ kg/m}^3$	$2,67e^3 - 2,73e^3 \text{ kg/m}^3$	$7,2e^3 - 7,3e^3 \text{ kg/m}^3$
Módulo de Young	69,6 – 72,4 GPa	68 - 74 GPa	121 - 140 GPa
Resistencia a la tracción	241 - 265 MPa	241 - 320 MPa	300 - 400 MPa
Resistencia a la compresión	105 - 116 MPa	207 – 290 MPa	390 - 460 MPa
Módulo de flexión	69,6 - 72,4 GPa	68 - 74 GPa	121 - 140 GPa
Punto de fusión	572 -584 °C	580 - 650 ° C	1,13e3 - 1,27e3 °C
Temperatura máxima de servicio	150 -170 °C	130 - 150 ° C	350 - 450 °C
Temperatura mínima de servicio	-273	- 273 ° C	-150 - -50 °C
Precio	\$2,3-2,54*kg	\$2,14 - 2,36 *kg	\$0,639 -0,705 *kg

Fuente: CES EDUPACK, 2015**Realizado por:** Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

En conclusión, con el compendio de los materiales seleccionados se ha procedido a mecanizar el Block PYP 10 de acuerdo a los materiales alternativos de Aluminio 6061 T6 y Fundición Gris EN GJL300 y la fabricación de las camisas ha sido con el último material alternativo mencionado.

CAPÍTULO IV

4. Modelación, simulación y mecanizado del block PYP 10 en Solid-Works-2017, 3D

En este capítulo se procederá al diseño de la geometría del block PYP 10 y sus componentes en el software Solid-Works 2017, para luego ser llevados al análisis térmico y dinámico con el software ANSYS y el proceso de mecanizado se exportará al software RHINOCEROS.

4.1. Diseño de las geometrías de los componentes del motor PYP 10

Se inicia diseñando cada una de las partes del motor PYP10, las cuales se detallan a continuación, pero nosotros nos enfocamos más en el diseño del block, puesto que para este proyecto, solo se mecaniza el block.

4.1.1. Partes del Motor PYP10

Se puntualiza, enseguida cada una de las partes del Motor PYP 10, ver en figura N° 39-4 y tabla N° 41-4:

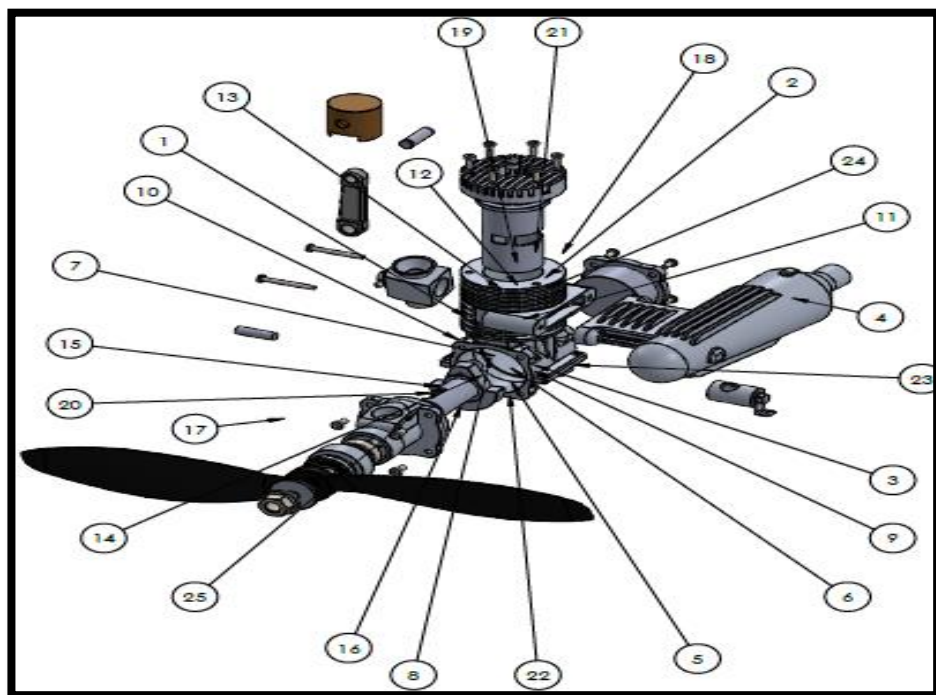


Figura 38 -4: Partes del motor PYP10
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

Tabla 41-4: Nombres de las partes del motor PYP 10

Nº de elemento	Nombre	Cantidad
1	Block	1
2	Camisa	1
3	Base de la camisa	1
4	Escape	1
5	Cigüeñal	1
6	Tobera de cigüeñal	1
7	Rodela	1
8	Regulador de rodillo	1
9	Base carburador	1
10	Carburador	1
11	Base del escape	1
12	Bulón	1
13	Refrigeración	1
14	Cuña	1
15	Eje principal	1
16	Embolo	1
17	Hélice	1
18	Cabezote	1
19	Bujía	1
20	Cuña	1
21	Orificio de sujeción cabezote	6
22	Orificio de sujeción cigüeñal	4
23	Orificio de sujeción base del motor	4
24	Tornillos	6
25	Sujeción	

Fuente: CES-EDUPACK, 2015

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

Las partes del motor con sus nombres son importantes para el diseño del block y los resultados de los mismos serán ingresados en el software de simulación de fabricación para determinar los posibles efectos, los cuales se puedan producir y de esta manera, ir efectuando las mejoras respectivas en el diseño.

4.2. Procedimiento de modelado del Block PYP 10

El primer paso, inicia con la toma de medidas del block de motor para ingresar los datos en el software de diseño, puesto que desde ahí se comienza el boceto del block, las simulaciones, etc., por lo cual en la figura se muestra el block en tres dimensiones con las medidas reales y cómo va a estar la pieza, exactamente, después del proceso de fabricación, ver en figuras N° 40-4 y 41-4.

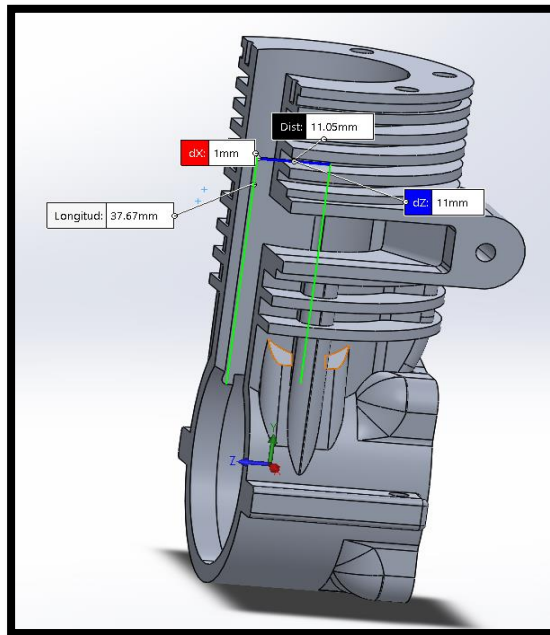


Figura 39-4: Dibujo del block en el software
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

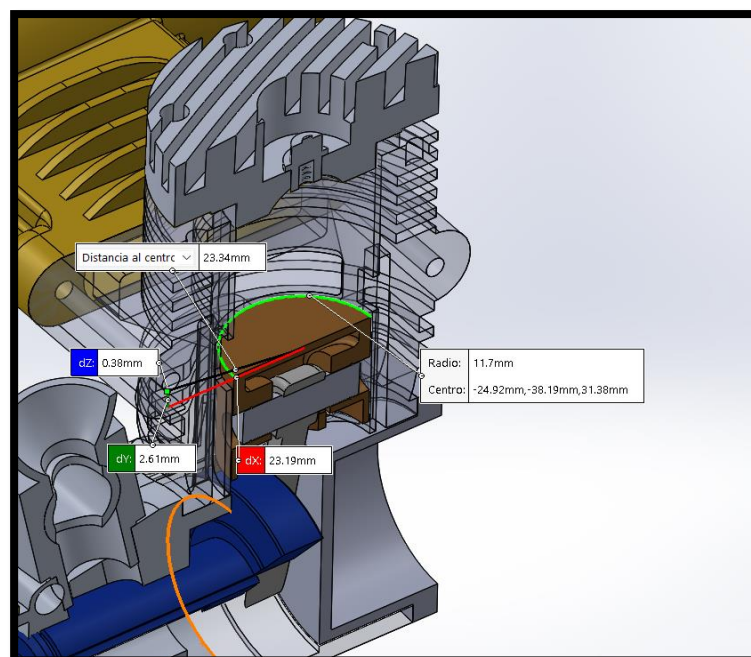


Figura 40-4: Fragmentación del block para ejecutar cálculos
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

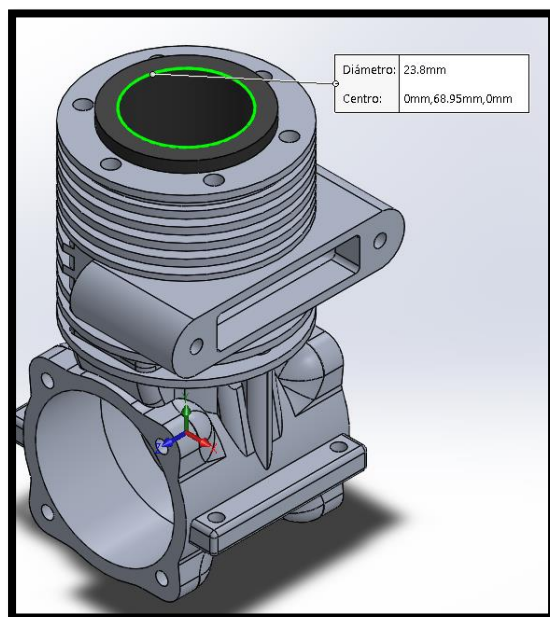


Figura 41-4: Block en vista tridimensional

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

En la figura N° 42.4 se describe la vista tridimensional del block con las medidas reales y exactas de cómo va a quedar el block después del proceso del mecanizado. En las vistas B, C, D, E y F se encuentran la vista frontal, lateral derecha e izquierda y superior e inferior.

Ahora, en la tabla N°42-4 se muestran las propiedades de masa del block a ser mecanizado, las cuales han sido obtenidas a través del software del diseño Computer Aided Desing (CAD), que nos proporcionan datos para el proceso de mecanizado.

Tabla 42-4: Propiedades de masa del block

PROPIEDADES DE MASA DEL BLOCK		
Configuración	Default	
Sistema de coordenadas	Predeterminado	
Densidad	0.00 gramos por milímetro cubico	
Masa	161.18 gramos	
Volumen	59844.98 milímetros cúbicos	
Área de superficie	45756.66 milímetros cuadrados	
Centro de masa	(milímetros)	
X	Y	Z
1.00	29.79	0.07

Fuente: Solidworks, 2017

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

4.3. Preparación del diseño del block para la simulación en software ANSYS

Una vez obtenidos los tres modelos procedemos a analizarlos para obtener los resultados en los análisis de fuerza, de temperatura importantes para analizar el comportamiento que van a tener los block mecanizados vs el original.

4.3.1. Simulación de esfuerzos a través de métodos de elementos finitos (MEF)

A través del método de elementos finitos (MEF) se procede a analizar un estudio de las deformaciones del material dependiendo de la presión que es de 0,25 MPa. El estudio se ejecuta mediante un análisis estático de los blocks, ver en figura N° 42-4.

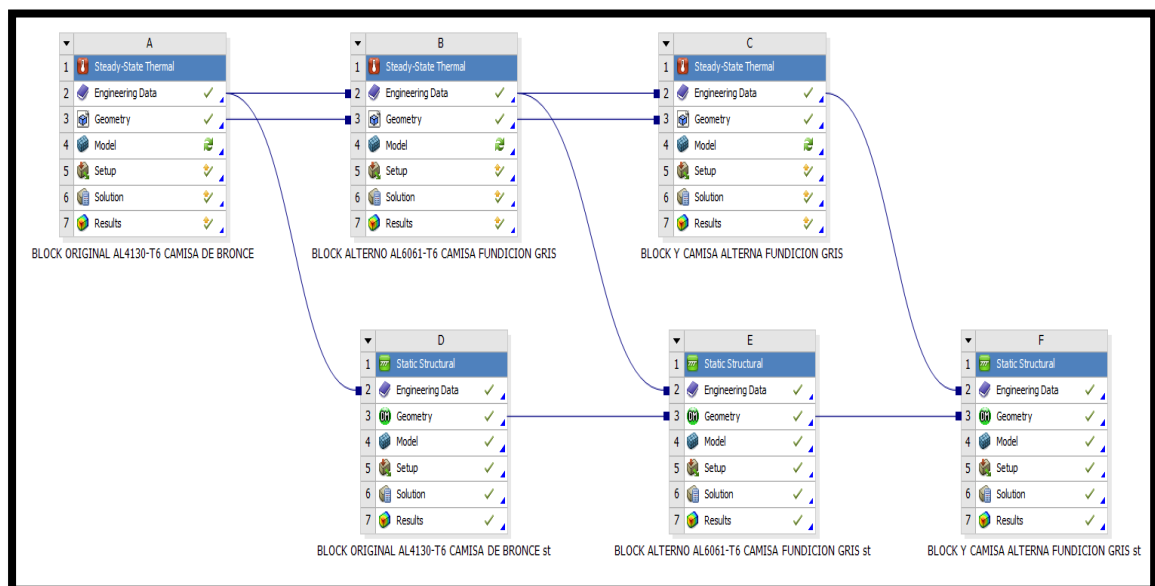


Figura 42-4: Análisis estático del block original y los alternos
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

Entonces, se pretende abrir el modelo del block original AL4130-T6 y la camisa de bronce seleccionando los materiales correspondientes al block y a la camisa. Luego, se procede a ubicar una malla fina, la cual nos da el número de nodos y elementos a ser analizados, y en consecuencia, se ubica la presión en la culata y se fija en los pernos como se muestra a continuación en las figuras N° 43-4.

Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	133484
<input type="checkbox"/> Elements	70544

Figura 43-4: Número de nodos y elementos
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

4.3.2. Deformación

Las deformaciones que presentan los cuerpos dependen de los tipos de carga, a los cuales están sometidos. Una barra sometida a cargas axiales, además de experimentar deformación acorde a la dirección de la fuerza, el cuerpo también se deforma en las direcciones normales a ella. La tracción provoca alargamiento con adelgazamiento y la compresión acortamiento con ensanchamiento, (Mayori M. pág. 16).

4.3.3. Equivalencia elástica

Todo cuerpo sólido se deforma bajo la acción de fuerzas aplicadas y al cesar éstas. El cuerpo tiende a recuperar su forma primitiva. Esta tendencia que en mayor o menor grado, tienen todos los sólidos se denomina elasticidad. En realidad, los sólidos no son ni perfectamente elásticos ni perfectamente inelásticos. Las deformaciones que en ellos se producen constan de una parte de deformación elástica, la cual desaparece al cesar las fuerzas aplicadas y una parte de deformación permanente, la cual se mantiene, posteriormente, (Cervera R., 2015 pág. 37).

4.3.4. La tensión de Von Mises

La tensión de Von Mises es un escalar proporcional a la energía de deformación elástica de distorsión que puede expresarse en función de las componentes del tensor tensión, en particular admite una expresión simple en función de las tensiones principales, por lo que la tensión de Von Mises puede calcularse a partir de la expresión de la energía de deformación distorsiva, (Von Mises., 2014).

4.4. Análisis Estático Presión

Acorde al estudio de la deformación del material, el equivalente de von mises y el factor de seguridad se ha producido a efectuar un análisis estático con los siguientes parámetros:

- Temperatura 315° en la cámara, debido al punto de inflamabilidad del combustible.

- Presión generada dentro de la cámara de 0,25MPa, es una fracción del punto crítico de la composición por la composición del combustible que se genera en el ciclo de explosión.
- Tiempo de funcionamiento 300 s los cuales se tomó arbitrariamente para la simulación.

Con estos parámetros se ha conseguido los siguientes resultados, ver resultados en las figuras N°45-4 a la N°53-4.

4.4.1. *Análisis del block original Al4130-T6 camisa de bronce*

La deformación máxima alcanzada en este block corresponde a un máximo de 0,0010271 mm con el cual hemos realizado comparaciones con los blocks alternos para verificar, si la variación con los diferentes materiales alternativos señalados varían en un mayor o menor porcentaje o se mantiene en valores similares al original, ver figura N° 44-4.

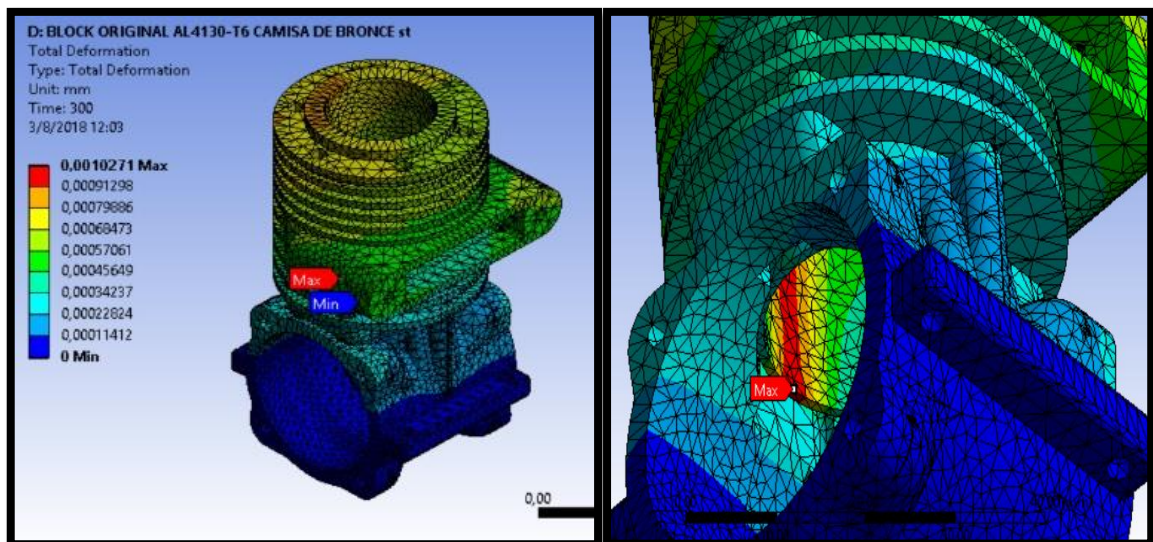


Figura 44-4: Deformación total
 Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

Según el análisis de tensión máxima de Von Mises, el máximo de fatiga que se puede originar en el block de Al 413.0 es de 5,2672 MPa, a una presión de 0,25 MPa y a una temperatura de 315 °C generada dentro del cilindro, ver figura N° 45-4.

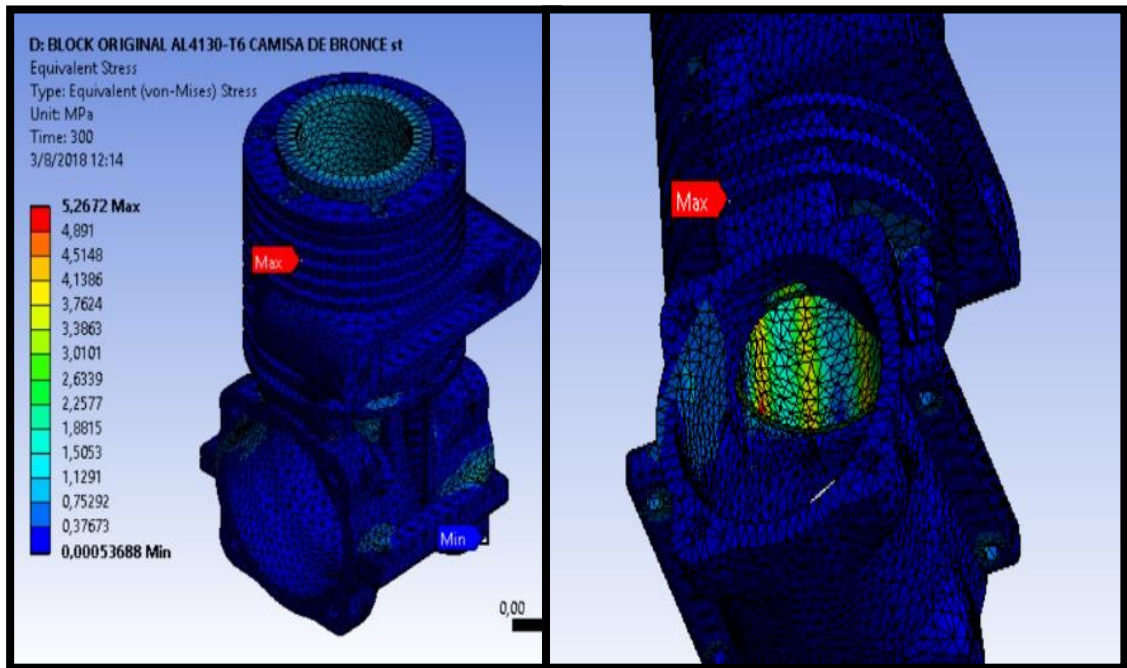


Figura 45-4: Equivalente de Von Mises
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

El factor de seguridad alcanzado es mayor a 1,5 cumpliendo con los estándares establecidos para diseños, los cuales están sometidos a presiones, ver figura N° 46-4.

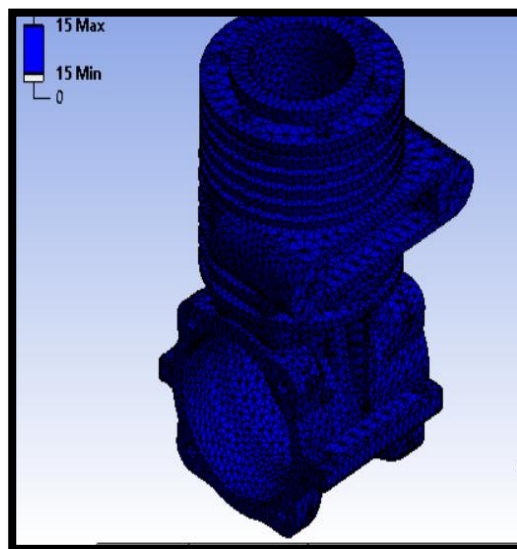


Figura 46-4: Factor de seguridad
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

4.4.2. *Análisis del block alternativo AL6061-T6 camisa Fundición Gris EN GJL 300*

Acorde al análisis CAE, la deformación máxima alcanzada en el primer block alternativo de Al 6061T6 es de 0,001024 mm está dentro del rango de los valores obtenidos en el análisis efectuado en el block original Al413,0, ver figura N° 47-4.

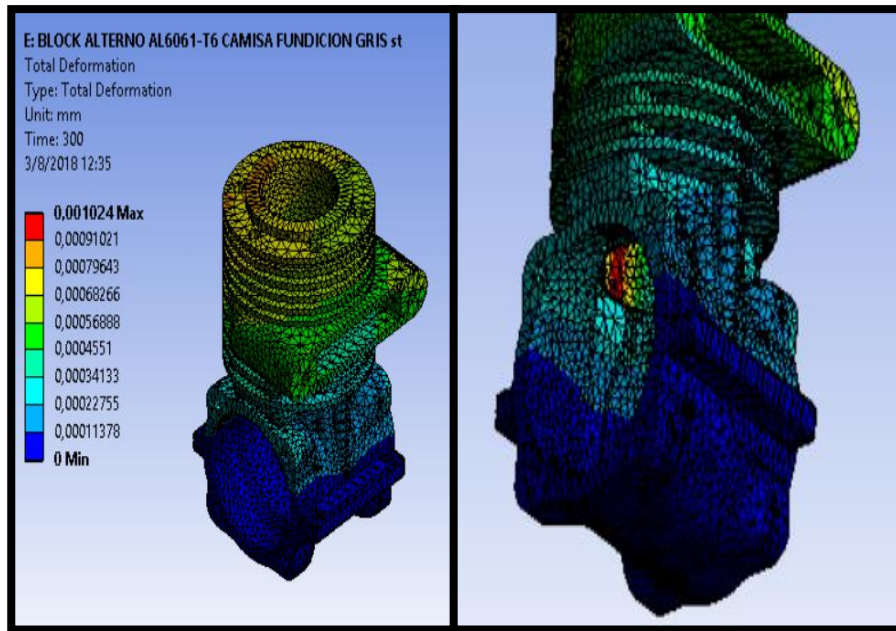


Figura 47-4: Deformación total Al6061 T6
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

El equivalente de Von Mises para el block de Al6061 T6 máximo es de 5,2142 MPa, la variación es mínima con respecto a la del block original, la variación es igual a 0,053 MPa, ver figura N° 48-4.

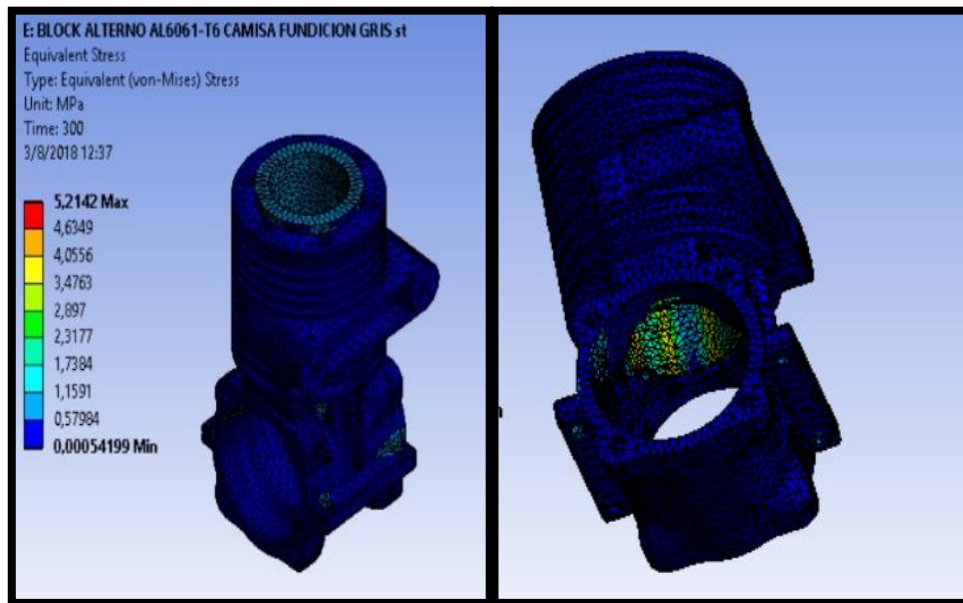


Figura 48-4: Equivalente de Von Mises Al 6061 T6
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

El factor de seguridad es igual al anterior, los cuales están dentro de los rangos establecidos para proyectos de diseño, ver figura N° 49-4.

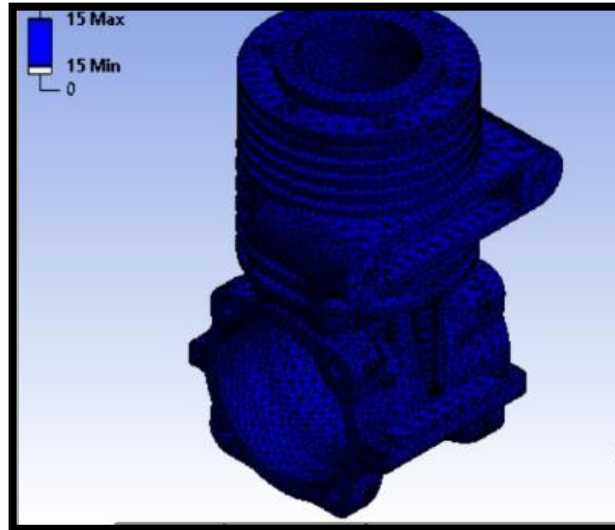


Figura 49-4: Factor de seguridad Al 6061 T6
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

4.4.3. Análisis del block y camisa alterna de Fundición Gris EN GJL 300

La deformación del block de fundición gris EN GJL 300 corresponde a 0,00091335mm el valor no excede el valor de la primera simulación con lo cual estamos de acuerdo que los materiales seleccionados para el mecanizado son adecuados, ver figura N° 50-4.

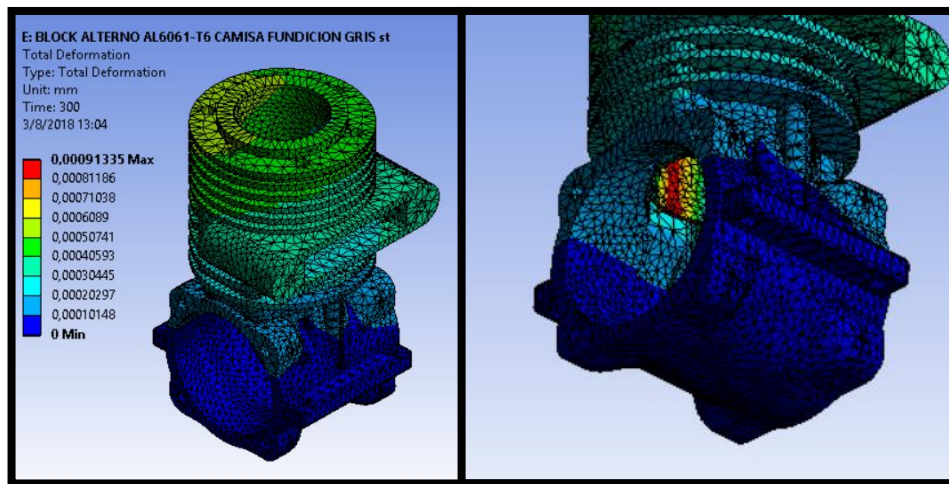


Figura 50-4: Deformación de fundición gris EN GJL 300
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

El material tiene menor equivalencia al corte, según el equivalente de Von Mises y que el factor de seguridad está dentro de los estándares, lo cual como se indica anteriormente, los materiales seleccionados están conformes para mecanizar el block PYP 10, ver figuras N° 51-4 y 52-4.

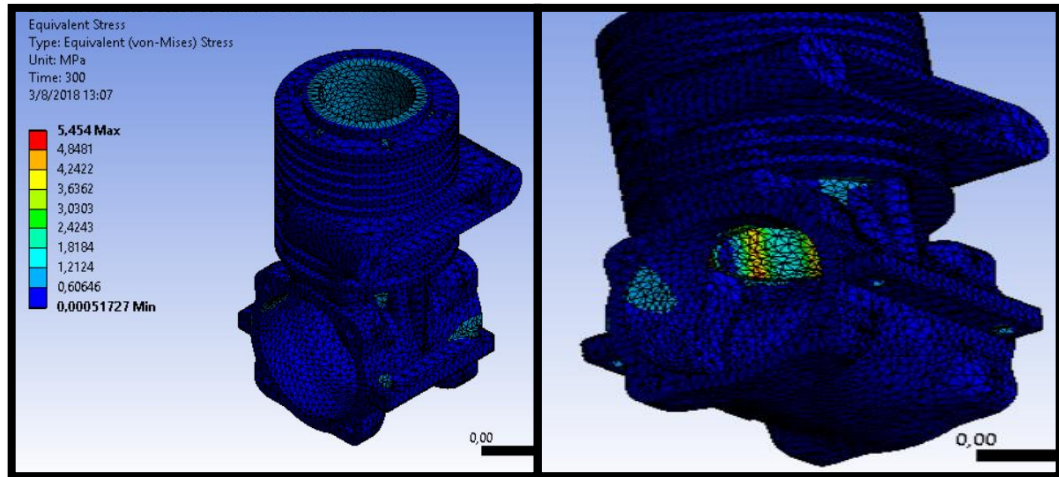


Figura 51-4: Equivalente de Von Mises fundición gris EN GJL 300
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

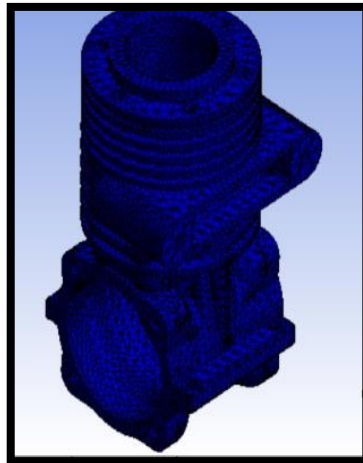


Figura 52-4: Factor de seguridad fundición
gris EN GJL 300
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

4.4.4. Simulación térmica estática mediante método de elementos finitos (MEF)

Se inicia y se ejecuta el estudio térmico estático en el software ANSYS. Luego, se ejecuta la elección y creación de los materiales escogidos para el desarrollo del block PYP 10 en el software ANSYS.

A continuación, se ejecuta para este método un estudio simulado del modelo CAD con los diferentes materiales escogidos versus el material original. En este estudio se necesita de un análisis térmico, estático y dinámico, que se detalla enseguida en la figura N° 53-4:

1. Selección del análisis térmico estático.

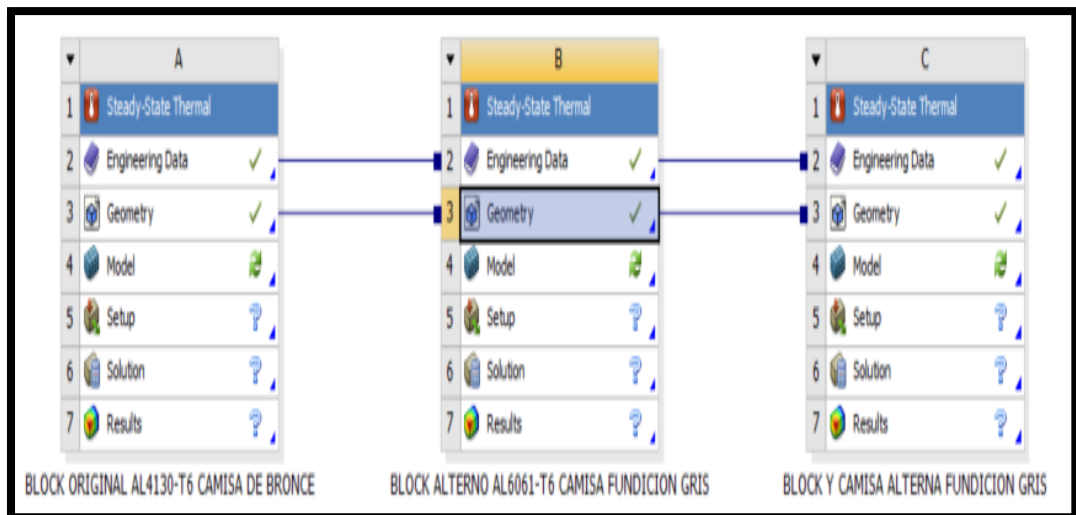


Figura 53-4: Selección del análisis térmico estático software ANSYS

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

2. Se crea el material con las propiedades adquiridas, a través del Ces-EDU-PACK, puesto que la biblioteca de materiales no dispone del material con la codificación AL 4130-T6, bronce y AL 4130-T6 block y fundición gris camisa, fundición gris block y camisa, ver figuras Nª 54-4 a la Nª 56-4.

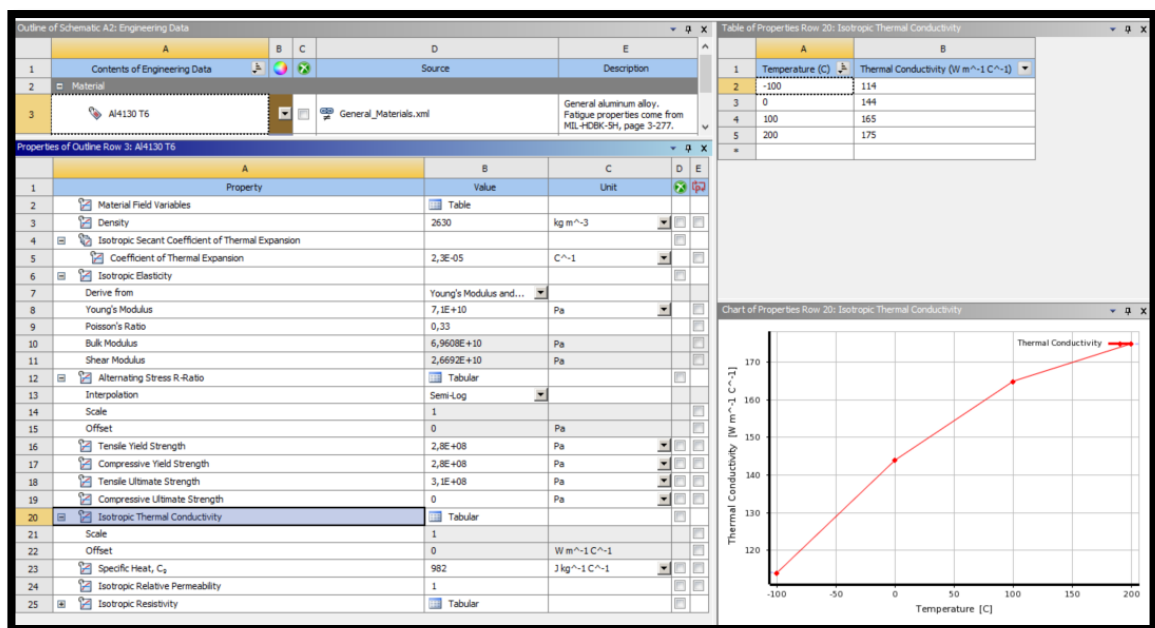


Figura 54-4: Biblioteca de materiales, software ANSYS

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

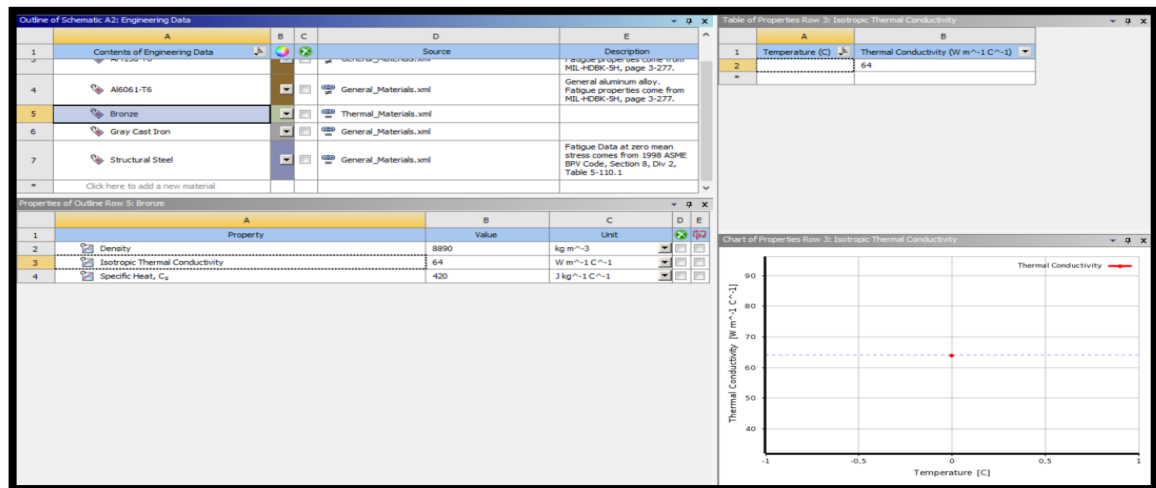


Figura 56-4: Biblioteca de materiales, software ANSYS
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

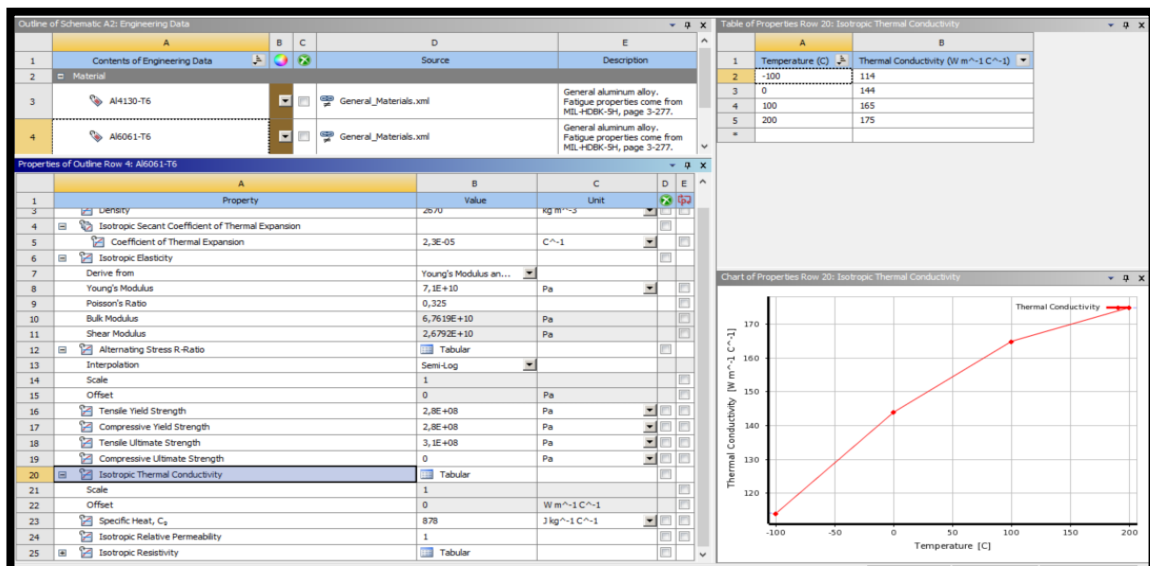


Figura 55-4: Materiales para elaboración de AL6061-T6 block y camisa de fundición Gris
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Una vez, que se ha seleccionado la codificación de los materiales. Se procede a desarrollar un mallado fino, el cual nos da una aproximación más exacta para la comparativa de los blocks alternos y se opta por los parámetros de temperatura y convección para producir cada block y camisa, ver figura N° 57-4.

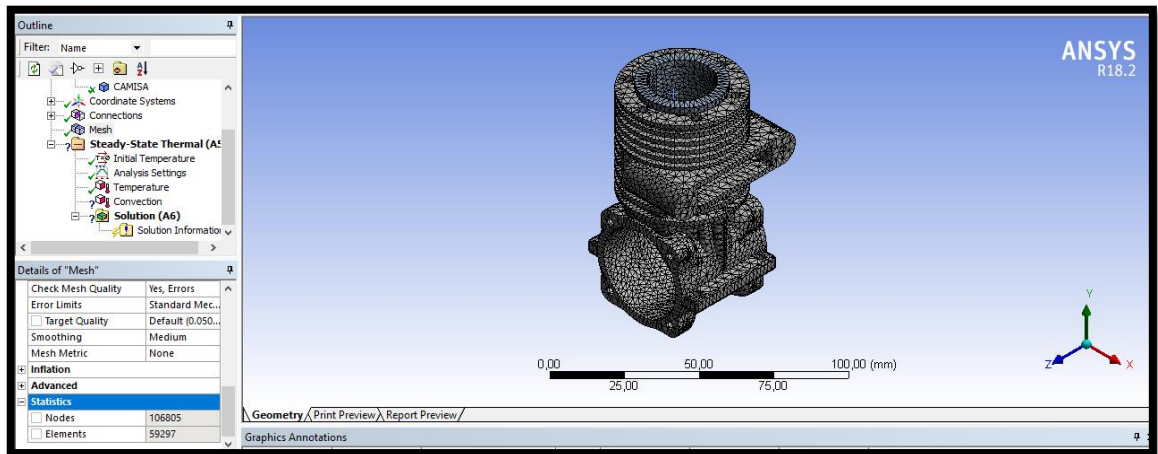


Figura 57-4: Producción de cada block y camisa software ANSYS
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

4. Luego, se coloca a una temperatura de 315 °C debido a que la combustión, a la cual alcanza el combustible está acorde a las tablas de propiedades del nitro-metano fluido que se utiliza para encender el motor, ver figura N° 58-4.

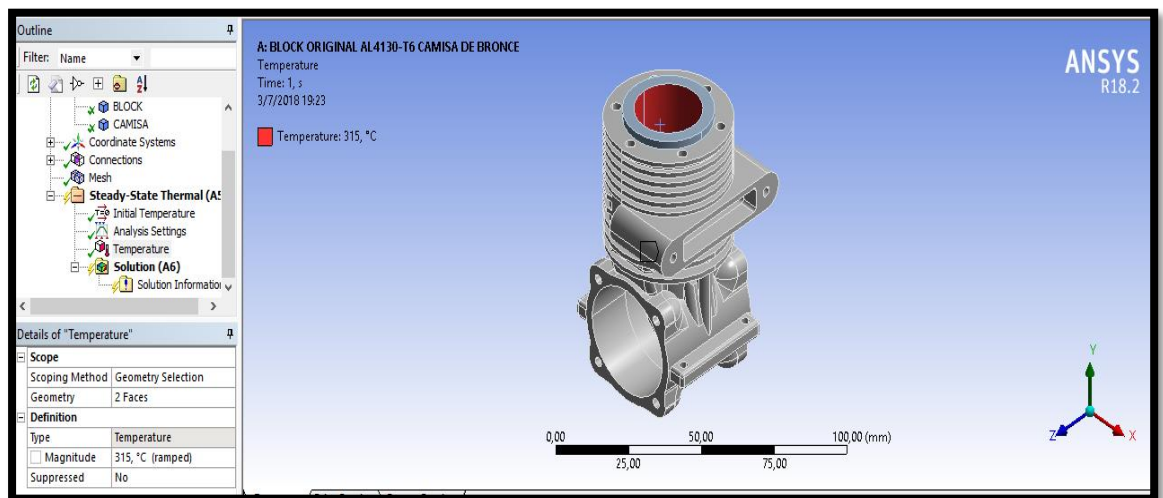


Figura 58-4: Propiedades del nitro-metano fluido
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

5. Para el parámetro de convección se importa una tabla de convección predeterminada por ANSYS, estancamiento de agua. A temperatura ambiente de 22 °C, ver figura N° 59-4.

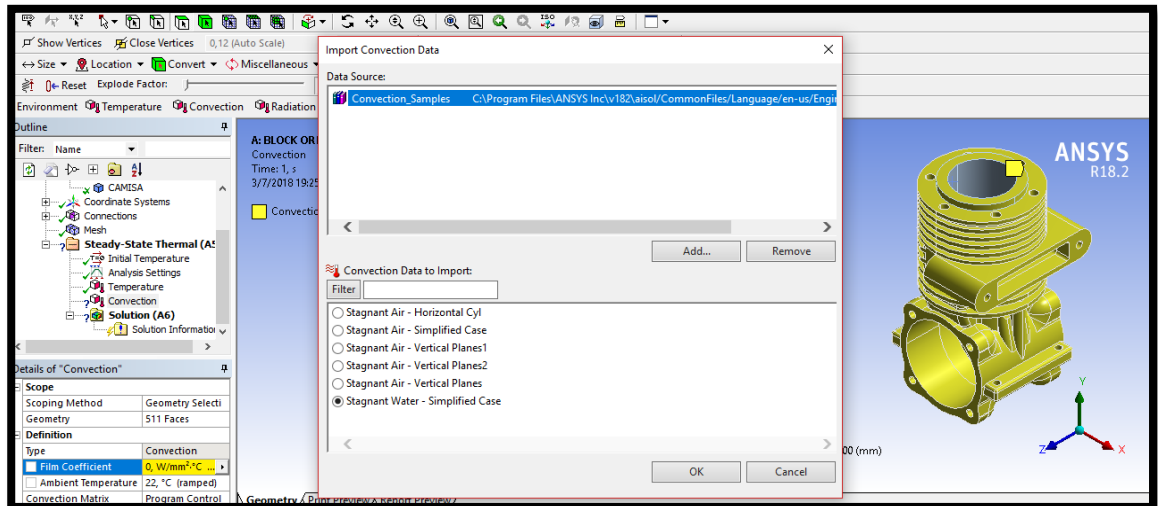


Figura 59-4: Tabla de convección predeterminada por ANSYS
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

6. Los resultados obtenidos acorde al análisis térmico estático. Estos resultados son obtenidos a través de un estudio estático-térmico, el cual no está sometido a una refrigeración en este caso por aire, es por eso que las temperaturas en el block original pasan los 315 °C, ver figura N° 60-4 a la N° 62-4.

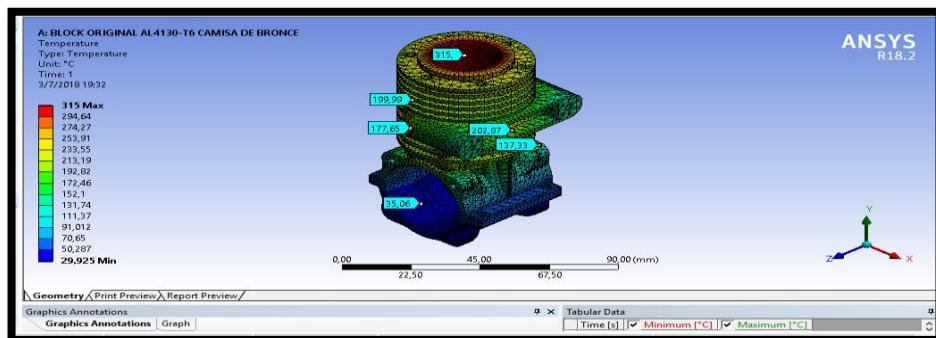


Figura 60-4: Block original
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

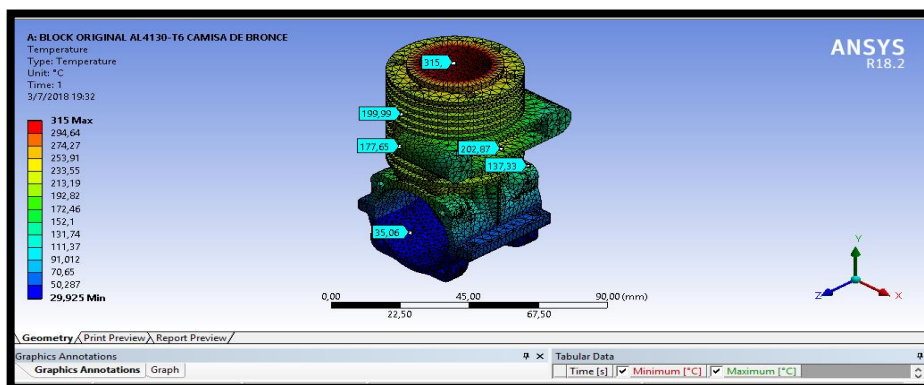


Figura 61-4: AL6061-T6
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

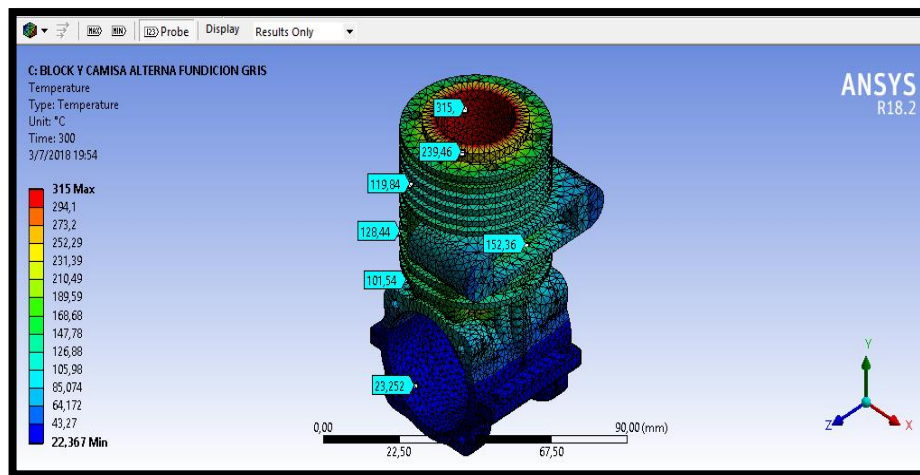


Figura 62-4: Fundición gris
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

4.4.5. Simulación térmica dinámica mediante método de elementos finitos (MEF)

- Primero, se importa la geometría de Solid-Works y se procede a suprimir los elementos innecesarios para el análisis; como: tornillos, rodamientos, etc. Luego, se encierra dentro del volumen de control al objeto de estudio, en este caso el block. Entonces, se crea un espacio rotacional para las hélices y se verifica que no existan superposiciones de los elementos, ver figura N^o 63-4.

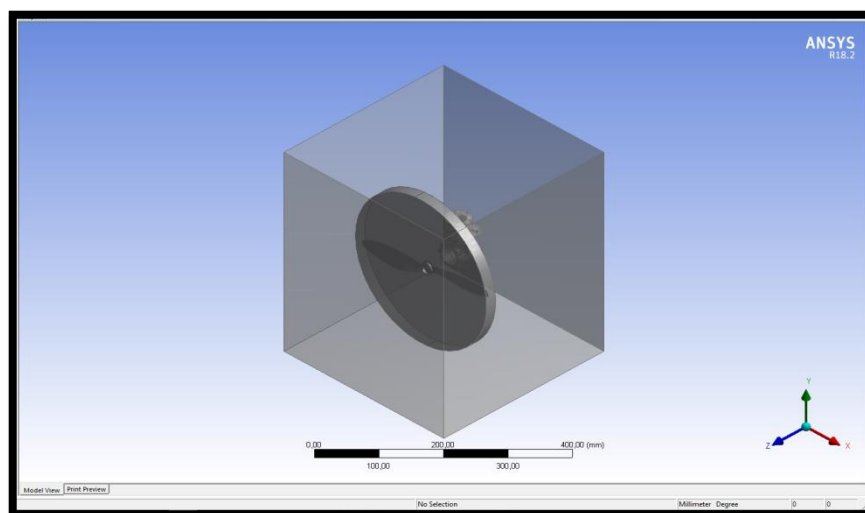


Figura 63-4: Importación de la geometría Solid-Works
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Enseguida, se procede a la etapa de mallado, de acuerdo a lo cual se indica que los elementos son de tipo Fluido, ver figura N^o 64-4.

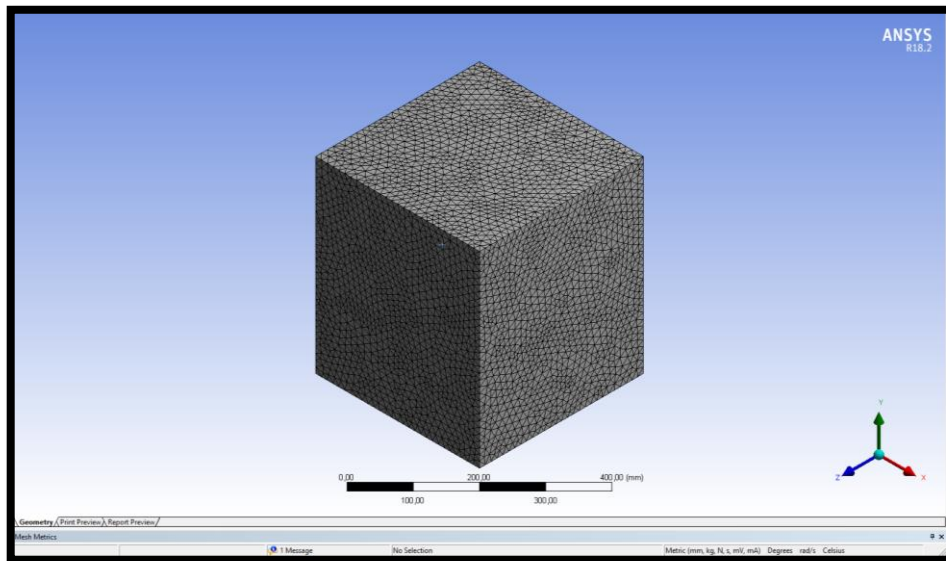


Figura 64-4: Etapa de mallado fino
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Inmediatamente, se genera el mallado de los elementos, tratando de adecuar las celdas de malla a geometría de los cuerpos, refinando las zonas de interacción del fluido, ver figura N^o 65-4 a la N^o 67-4.

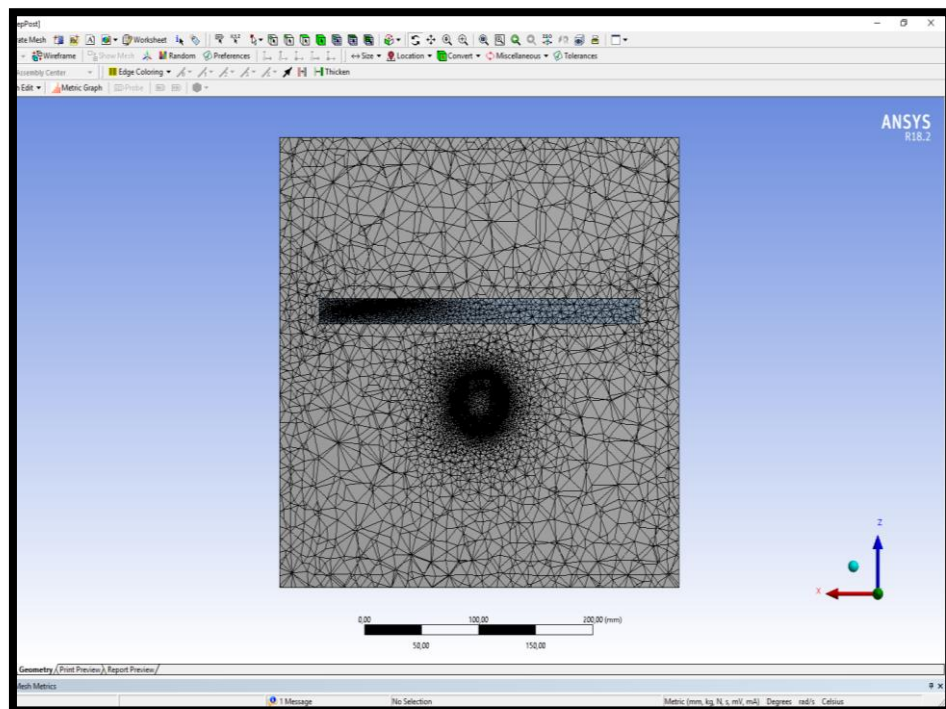


Figura 65-4: Celdas de malla a geometría
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

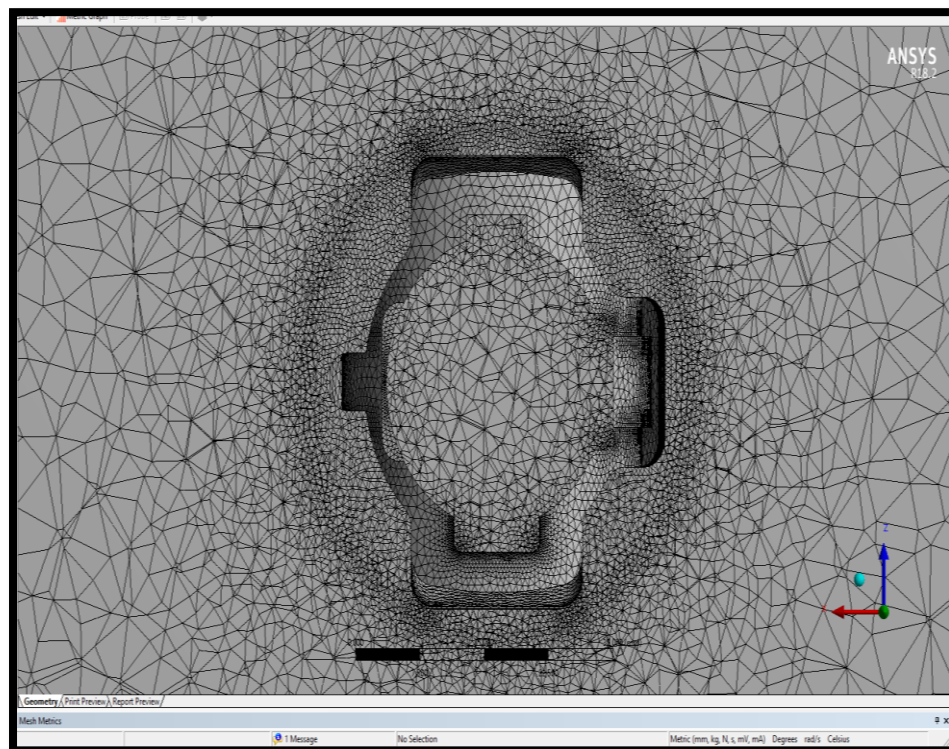


Figura 66-4: Celdas de malla a geometría
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

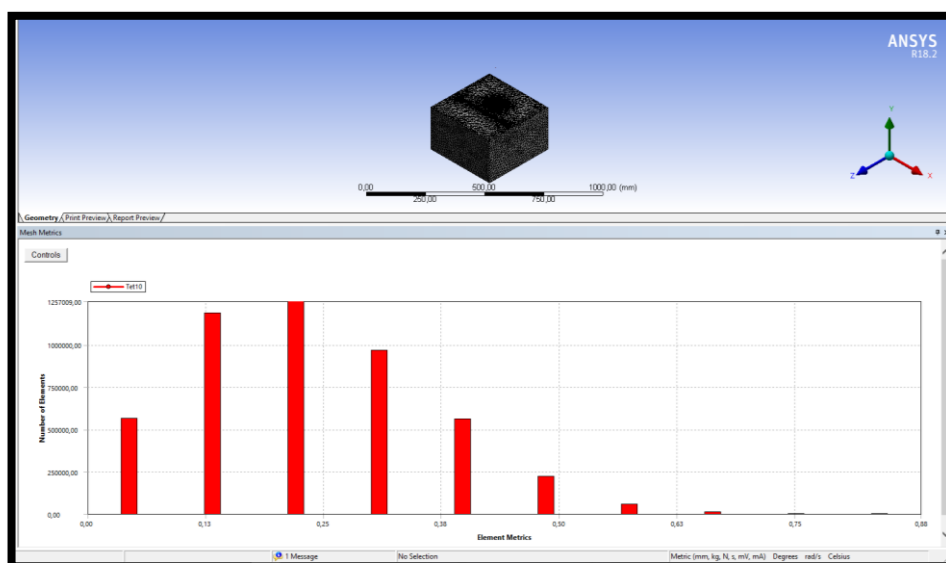


Figura 67-4: Geometría
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- De este modo, se verifica la calidad de la malla a través del parámetro Skewness, en el cual nos indica un promedio de 0,23392, lo cual se encuentra dentro de los rangos recomendados por Ansys (0 – 0,25), ver figura N^o 68-4.

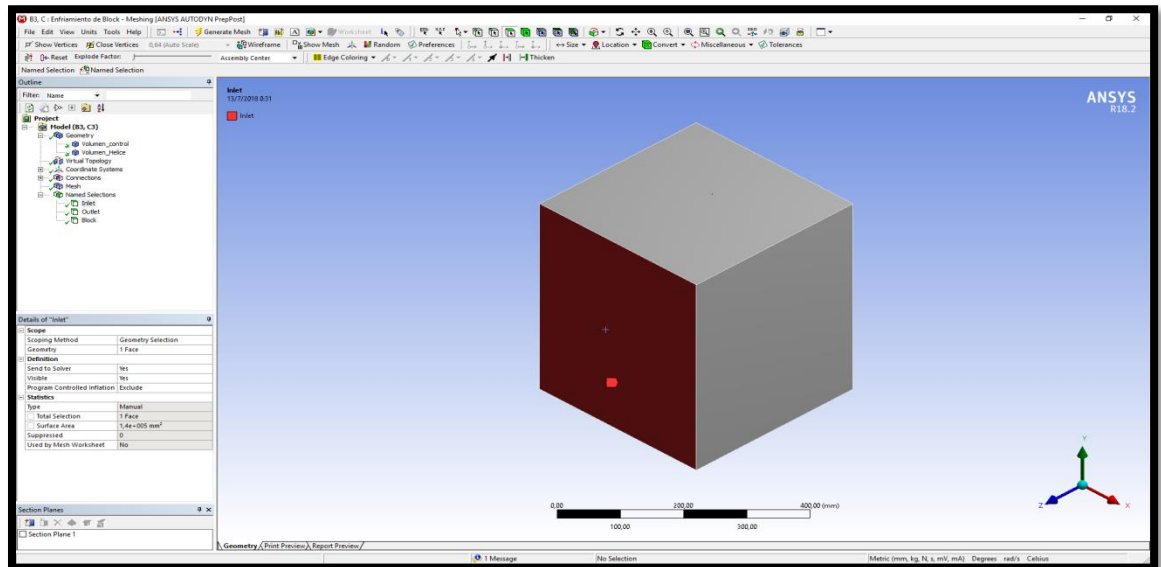


Figura 68-4: Malla a través del parámetro Skewness

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Consecutivamente, se definen las caras o zonas donde se aplicarán las condiciones de borde, posteriormente, como son: la entrada (inlet) y salida (outlet), en este caso se aplicará para tomar la superficie del block del motor y observar la temperatura del mismo, también, ver en figura N^o 69-4.

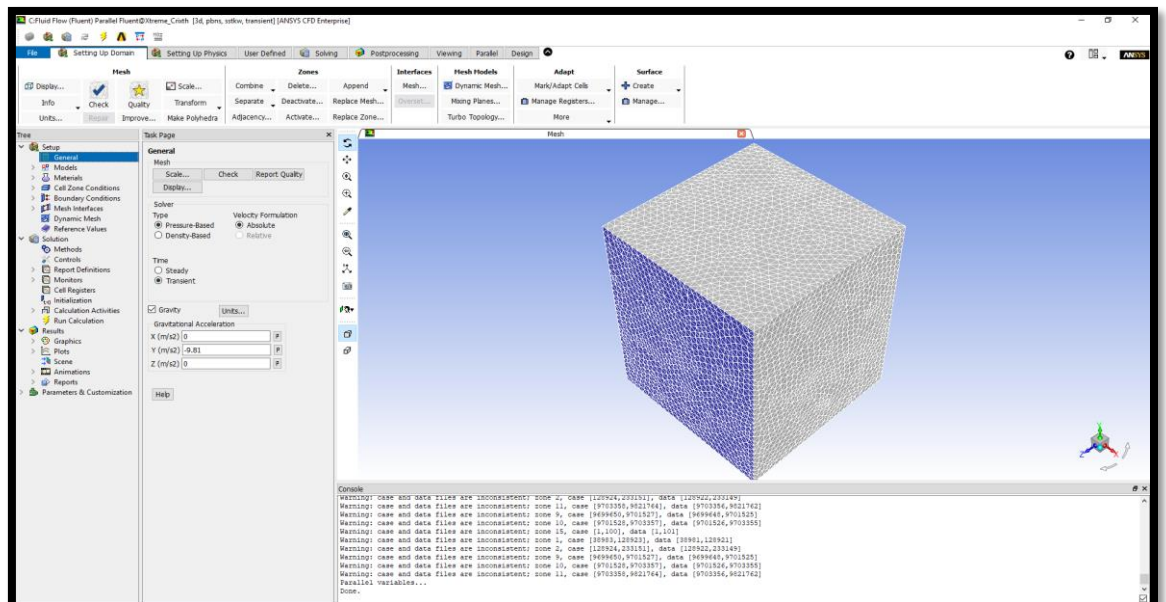


Figura 69-4: Condiciones de entrada y salida

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Después, se inicia el entorno del set up, indicando que es un modelo basado en presión y agregando la gravedad del sistema, para este tipo de análisis se selecciona uno de tipo transitorio, puesto que estará en función del tiempo para ver como varía la temperatura del block, ver figura N° 70-4.

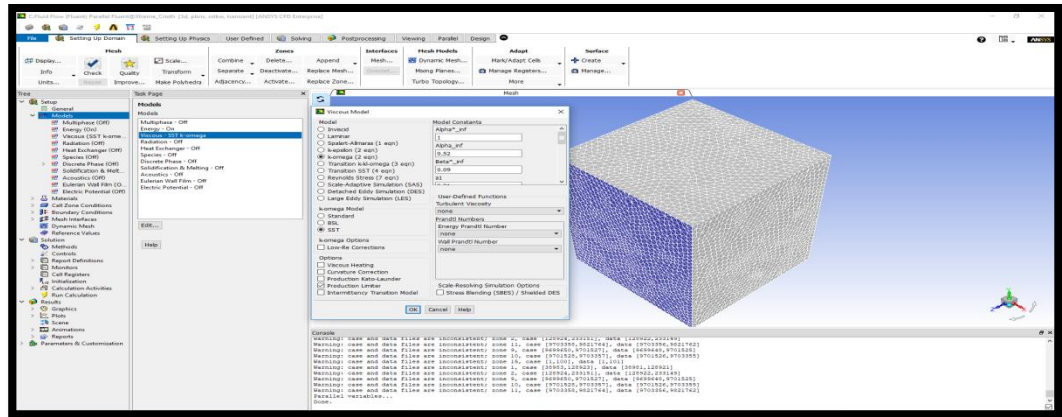


Figura 70-4: Entorno del set up
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Además, se selecciona el modelo de análisis, en este caso el modelo $k - \Omega$ SST; debido a que proporciona buenos resultados para el análisis de máquinas rotativas donde intervienen efectos externos como temperatura, ver en figura N° 71-4.

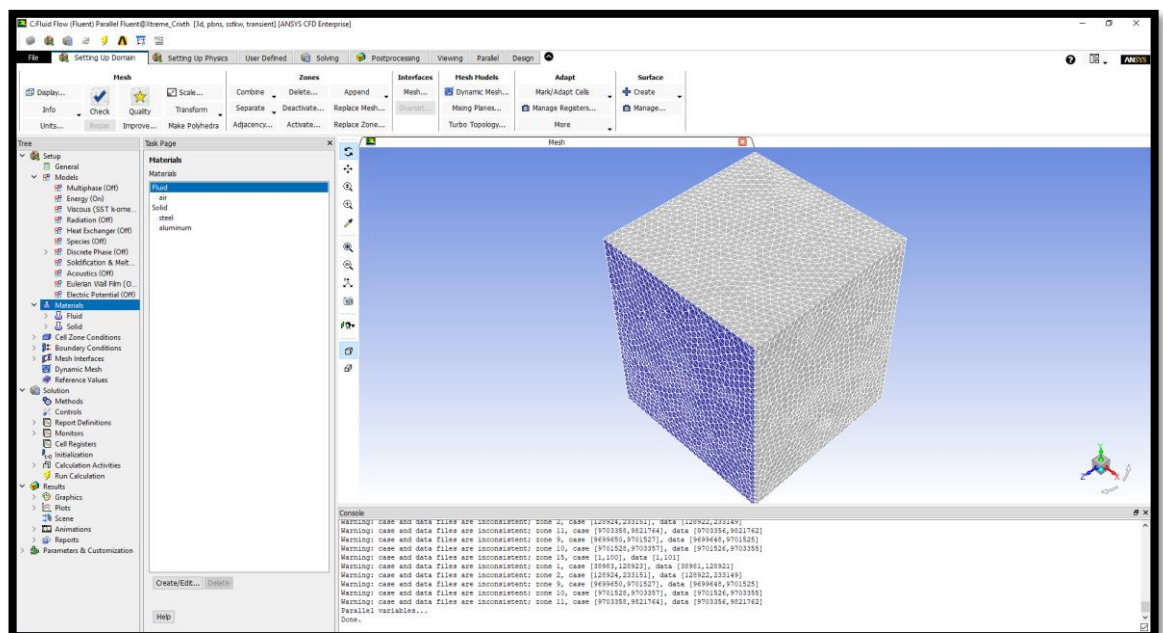


Figura 71-4: Modelo de análisis $k - \Omega$ SST
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Se asignan los tipos de materiales que van a intervenir en el análisis, como son el aire, aleaciones de aluminio y fundición de hierro, ver figura N° 72-4.

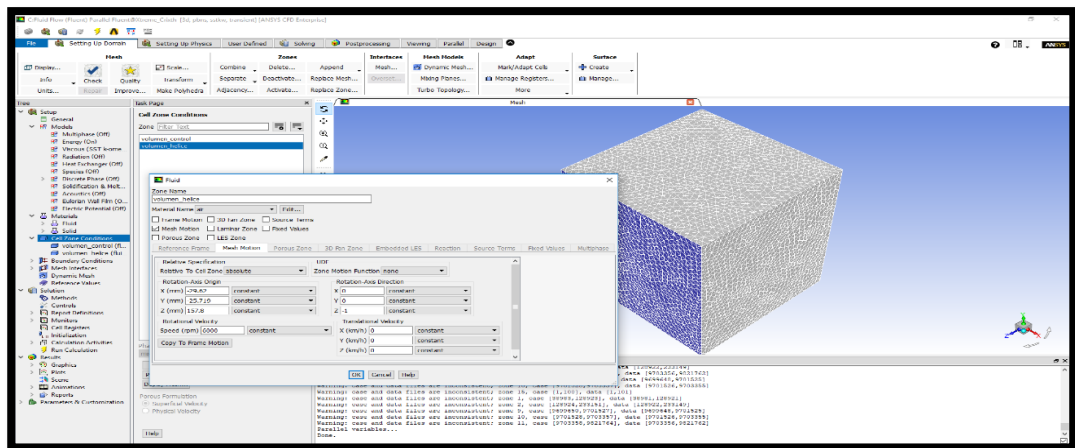


Figura 72-4: Materiales que van a intervenir en el análisis
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Según las condiciones de las zonas, se define una malla dinámica donde se indicará la velocidad de rotación de las hélices de 6000 rpm, ver figura N° 73-4.

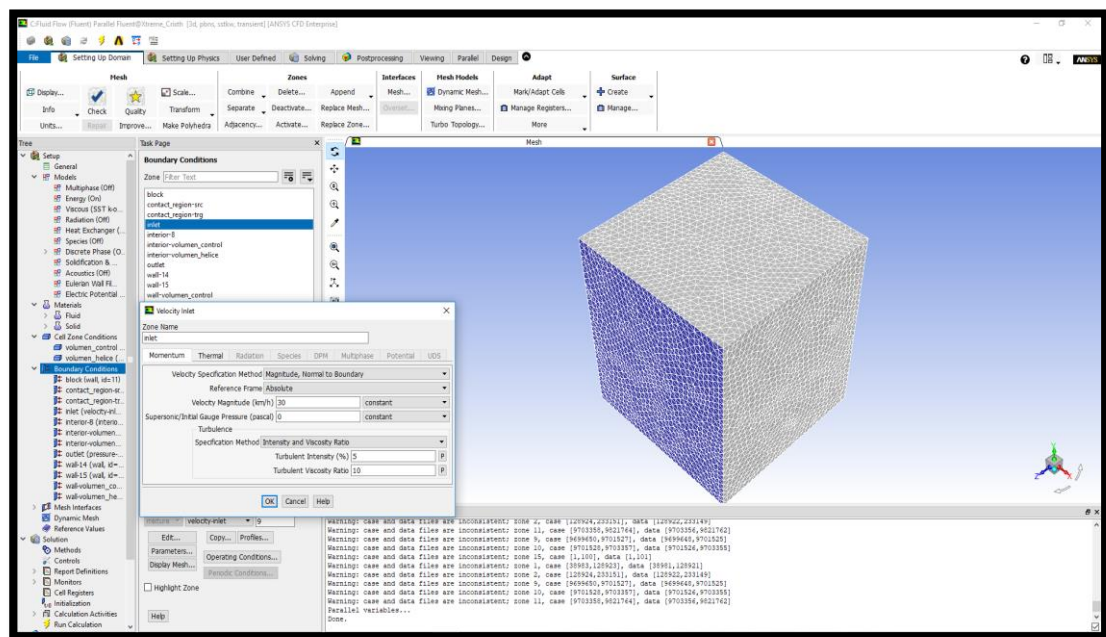


Figura 73-4: Velocidad de rotación
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Acorde a las condiciones de frontera, se ingresa la velocidad de entrada de 30 km/h, y la presión en la salida de tipo atmosférica, ver figura N° 74-4.

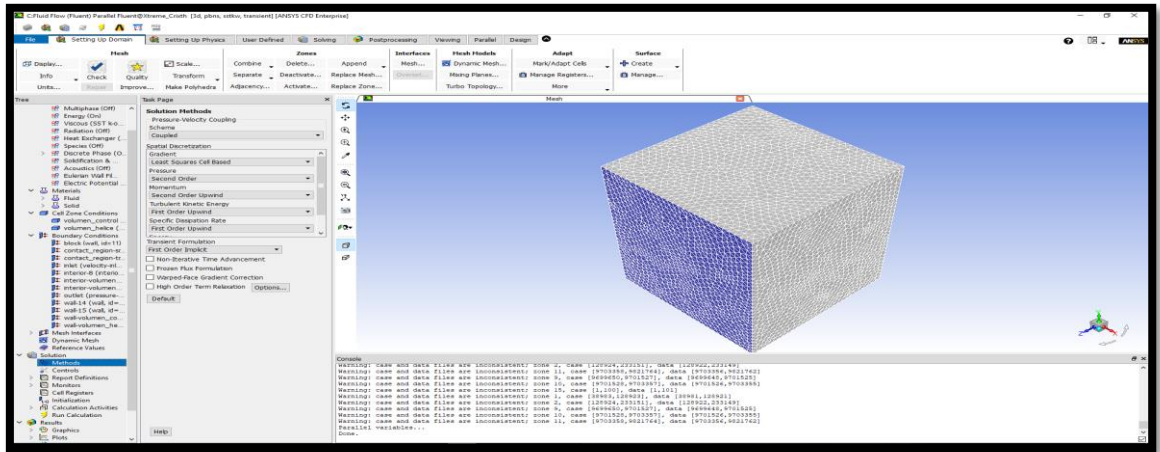


Figura 75-4: Condiciones de frontera
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Ahora, se selecciona el método de resolución para la simulación, en el cual se ha elegido el método acoplado, debido a sus buenas prestaciones con un consumo reducido de recursos del ordenador, ver en figura Nª 75-4.

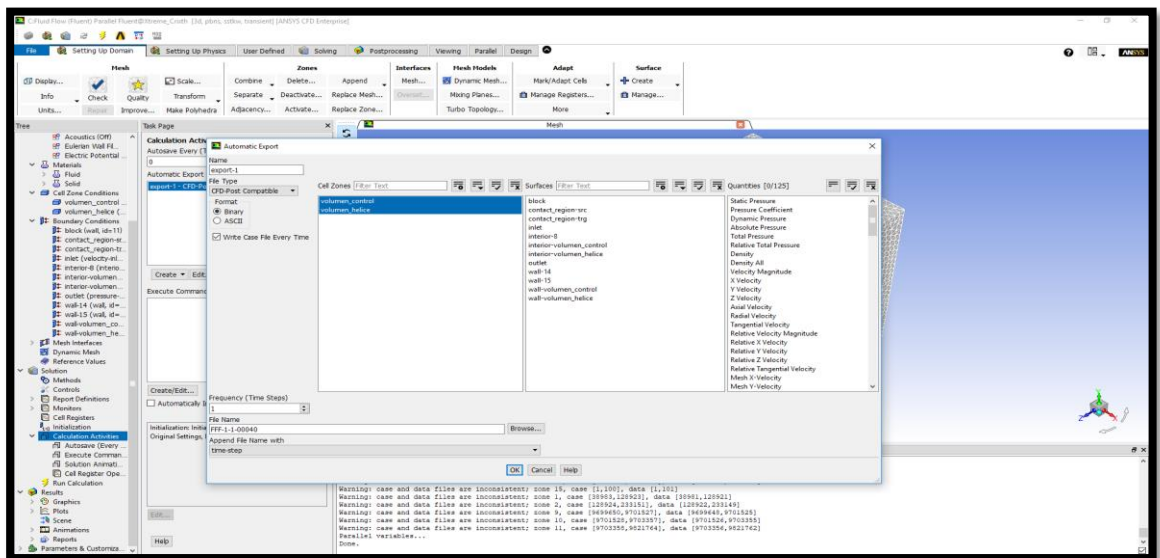


Figura 74-4: Método de resolución para la simulación
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- A partir de eso, se seleccionan los datos a exportar para ser procesados posteriormente, como el caso de la temperatura y la velocidad, ver figura Nª 76-4.

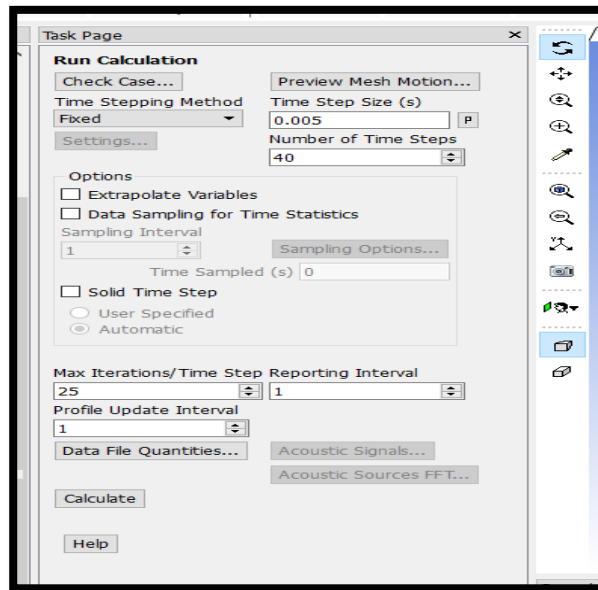


Figura 76-4: Datos para ser procesados
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Finalmente, se revisa si existe alguna recomendación para el análisis, y se elige el tamaño de los pasos de cada transición, se tomaron pasos de 0,005 segundos y un total de 40 pasos, realizándose 25 iteraciones por cada paso, resultando un tiempo total de simulación 0,2 segundos, ver en figura N^a 77-4.

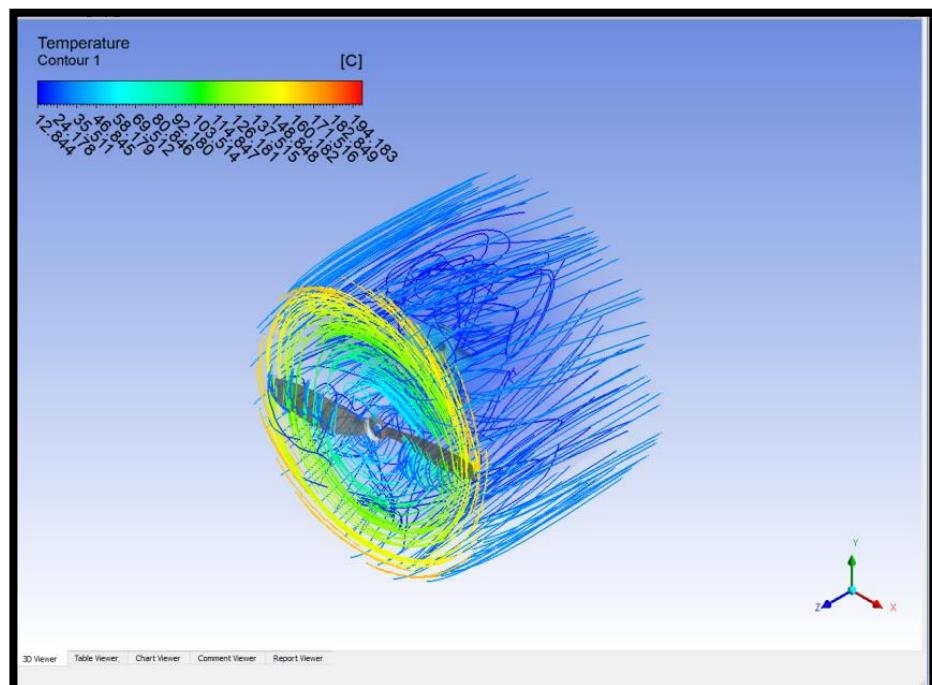


Figura 77-4: Pasos de cada transición
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

- Por último, se abre el post procesador de resultados de Fluent, donde se podrán observar los resultados de temperatura y las líneas de flujo que se generan debido a la rotación de las hélices, lo cual producirá el eventual enfriamiento del block del motor, ver en figuras Nª 78-4 y 79-4.

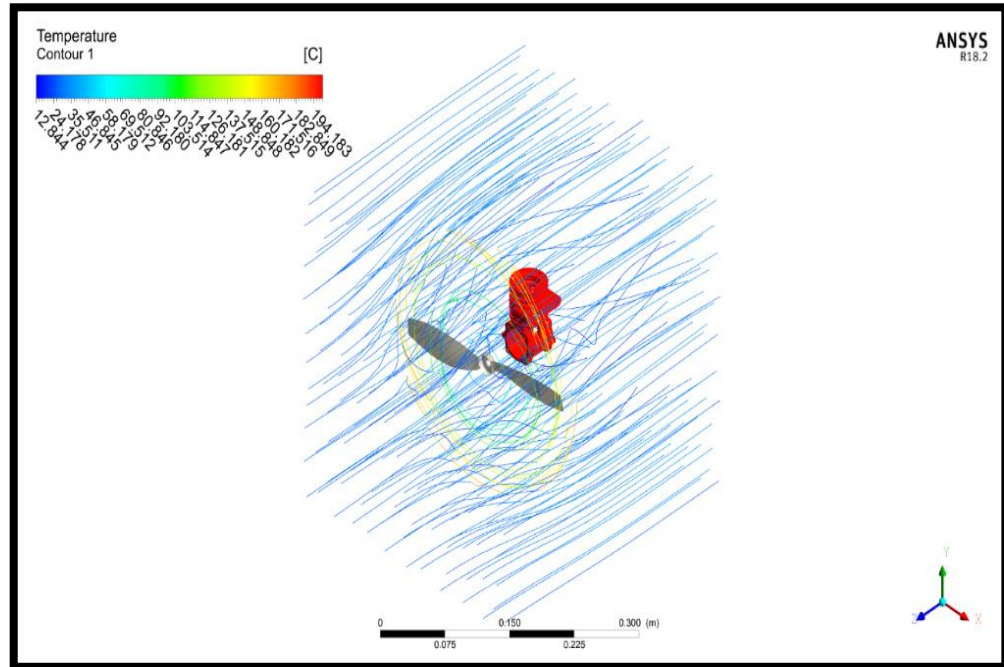


Figura 78-4: Temperaturas y líneas de flujo

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

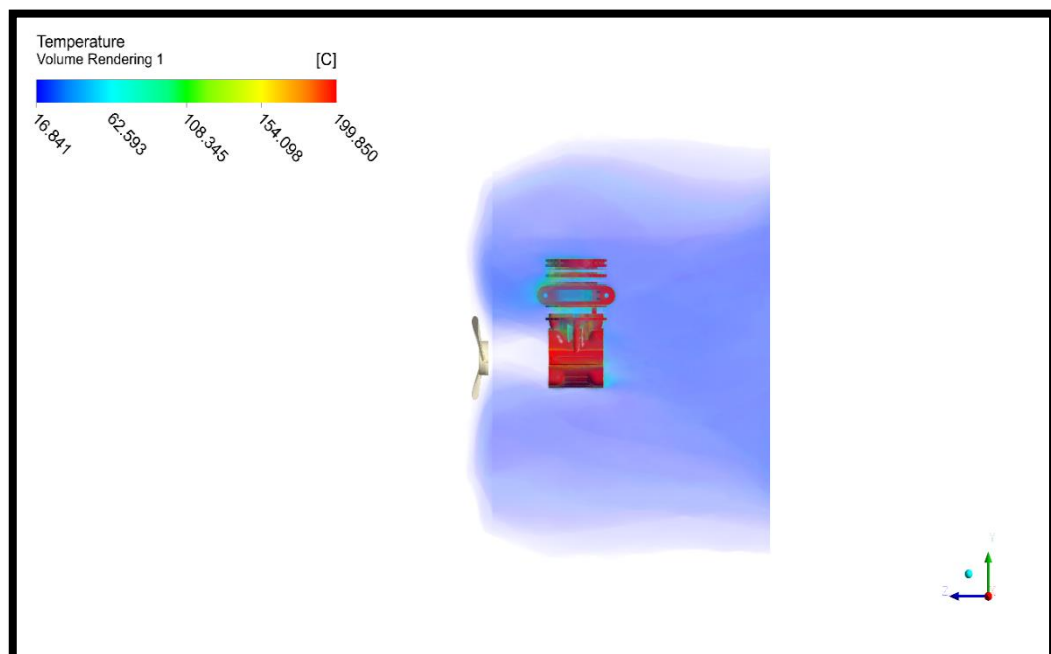


Figura 79-4: Rangos de temperatura según CAE

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

4.5. Procedimiento de mecanizado en el software ANSYS

4.5.1. Mecanizado del block de motor del motor PYP 10

De acuerdo al procedimiento de mecanizado del block del motor PYP 10, se inicia en consideración, a utilizar el software Solid-CAM, para la generación del código G, acorde a este código se puede ejecutar la manufacturación, debido a que se usa la máquina Fadal VMC (Vertical Machining Center), puesto que no se dispone de este post procesador se procede a utilizar el software Rhino-CAM (Es un complemento CAM para el mecanizado asistido por computador para CNC), a través de lo cual se debe exportar la geometría del block de motor PYP 10 a un archivo con formato IGES, (Especificación inicial de intercambio de gráficos).

El formato IGES es uno de los formatos neutrales, los cuales se usa frecuentemente, pues existen otros tipos de formatos que se detallan a continuación:

- **Formato tipo Kernel:** Son formatos que acarrean operaciones geométricas para la creación de entidades, operaciones booleanas y características. Estos formatos Kernel utilizados con frecuencia son ACIS y Para-Solid.
- **Formato de propietario:** Son formatos salvaguardados por los softwares CAD/CAE. Únicamente, utilizados por el software original. Estos formatos son: Unigraphics, CATIA, Pro/ENGINEER, Solid-Works, etc.
- **Formato neutral:** Son aquellos diseñados para que puedan ser leídos en cualquier software CAD/CAE, estos son STEP, IGES y STL.

La exportación del block PYP 10 se observa en la figura N° 80-4.

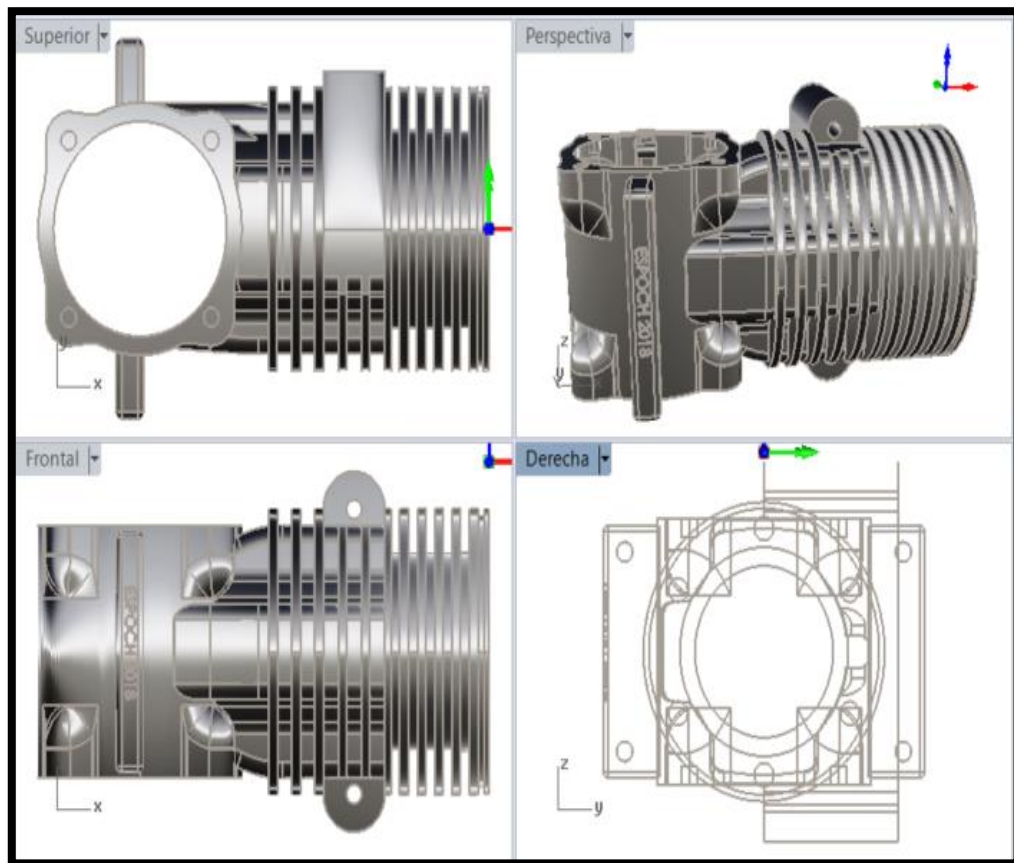


Figura 80-4: Exportación del block a formato IGES

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

4.5.2. Máquina Fadal (VMC)

Anteriormente, se mencionó que para el procedimiento de mecanizado se lo ejecuta en la máquina CNC Fadal 4020 (VMC), por lo cual se da a conocer sus características, ver figura N° 81-4 y tabla N° 43-4.



Figura 81-4: Máquina Fadal 4020 VMC

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

Tabla 43-4: Características de Máquina Fadal 4020 VMC

Especificaciones	4020 Estándar	4020 Métrico
Tamaño de la mesa	39" x 16"	750mm x 406mm
Piso a mesa	31"	787mm
Tragamonedas en T (No. x Ancho x Span)	3 x .562" x 4.33"	3 x 14mm x 110mm
Tasa de alimentación de corte	.01-400 ipm (600 @ 150%)	.25-10,160 (15,240 at 150%)mm/min.
Velocidad de alimentación rápida (X / Y / Z)	900 ipm (X/Y) 700 ipm (Z)	22.8 m/min. (X,Y) 17.7 m/min (Z)
Max. Peso en la mesa	2,736 lbs.	1,241 kg.
Motor de accionamiento del eje (X / Y / Z)	AC, 3,800 lbs peak thrust	AC, 16,900 N* thrust
Tamaño del husillo de bolas	40mm Dia. (X/Y/Z)	
Longitudinal (Eje X)	30"	762mm
Cruz (Eje Y)	16"	406mm
Vertical (eje Z)	20" (28" Opt.)	508mm (711mm Opt.)
Nariz del husillo a la mesa	4"-24" (4"-32" Opt.)	102mm-610mm (102mm-813mm)
Centro del husillo a formas de columna	16"	406mm
Motor principal - Vector automático de 2 velocidades	15 HP*, 11.2 KW	
Optar. Motor HT - Vector automático de 2 velocidades	22.5 HP*, 16.8 KW	
Esfuerzo de torsión	160 ft-lbs, 220 ft-lbs (HT)	220 Nm/300 Nm
Precisión, posicionamiento del eje	± .0002"	.0050mm
Precisión, repetibilidad del eje	± .0001"	.0025mm
Eje de velocidad	10-10,000 rpm	
Orientación del husillo	Electromechanical	
Cono del eje	No. 40	
ATC, cantidad de herramientas	21	
ATC, selección de herramientas	Random, Bi-directional	
Max. Diámetro de herramienta	3" (4.5" w/o adjacent tools)	76mm (114mm w/o adjacent tools)
Max. Longitud de la herramienta	15"	381mm
Requerimientos de presión de aire (Momentáneo)	120 psi, 15 scfm	5.5 Bar
Cool Power System	Spindle, Headstock, Ballscrews	
Soporte de husillo de bolas (X / Y / Z)	Dual	

Fuente: Solid-Works, 2017**Realizado por:** Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

4.6. Operaciones de mecanizado en Rhino-CAM

A continuación, se da los detalles de las operaciones de mecanizado, los cuales se van a ir elaborando como la máquina tiene 3 ejes X, Y, Z, se ha usado un divisor para generar un eje 4 por lo que el proceso de manufactura del mecanizado se ejecuta en 4 posiciones.

Luego, se tiene la primera posición, donde el material alterno se encuentra en bruto y se ha elaborado operaciones de limpieza, desbaste y afinado en la siguiente tabla se detallan las herramientas, las cuales se ha usado, así, como las velocidades, el tiempo, etc., ver tabla de posiciones N^a 44-4 a la N^a 47-4, y figura N^a 82-4 a la N^a 90-4.

Tabla 44-4: Datos de operaciones de mecanizado Rhino-CAM posición 1

Nombre	Estado	Herramienta	Cantidad	Velocidad de corte	# of GOTOs	Tiempo de mecanizado
Proceso 1						
Taladro estándar	Limpieza	1.0mm HSS Drill	2	50.00 mm/min	3	0.40 min
Taladro estándar	Limpieza	10.0mm HSS Drill	3	20.00 mm/min	3	1.00 min
Desbaste horizontal	Limpieza	21.2mm End Mill	1	800.00 mm/min	24228	2 hr 45 min
Acabado horizontal	Sucio	20mm End Mill	1	1500.00 mm/min	142605	2 hr 24 min
					Sub-total	5 hr 11 min
Proceso 2						
Taladro estándar	Limpieza	3.0mm HSS Drill	2	50.00 mm/min	13	3.50 min
Acabado horizontal	Limpieza	20mm End Mill	1	800.00 mm/min	50211	18.86 min
Perfilado de 2 1/2 ejes	Limpieza	22.mm End Mill	1	87.62 mm/min	67485	3 hr 36 min
Grabado	Limpieza	8mm End Mill	4	1000.00 mm/min	161	6.23 min
Grabado	Limpieza	8mm End Mill	4	1000.00 mm/min	161	6.23 min
Perfilado de 2 1/2 ejes	Limpieza	15.5mm End Mill	1	1550.00 mm/min	1534	0.40 min
					Sub-total	4 hr 12 min

Fuente: Solid-Works, 2017

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

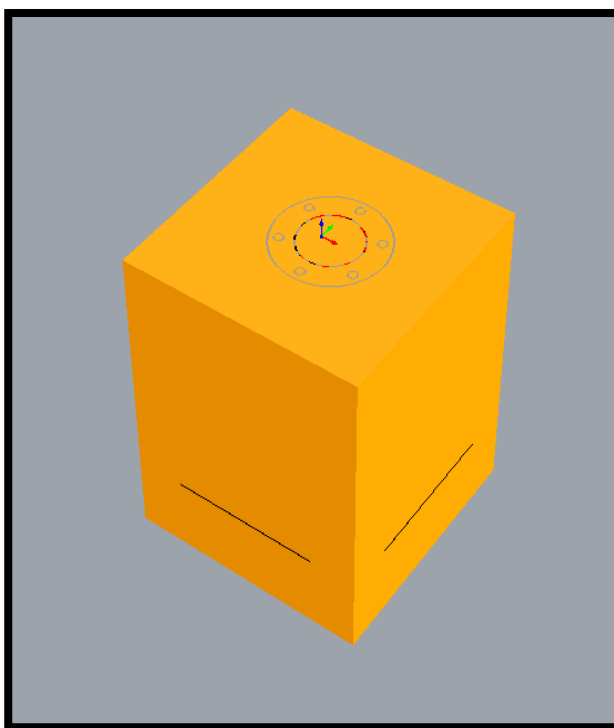


Figura 82-4: Material en bruto listo 1 posición 1

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

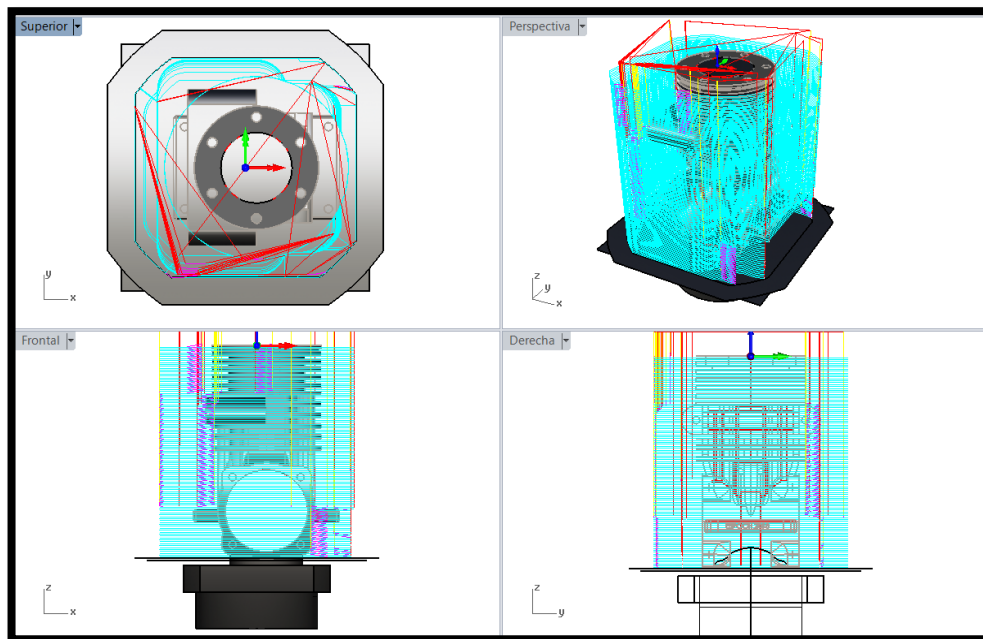


Figura 83-4: Desbaste simulación Rhino-CAM
 Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

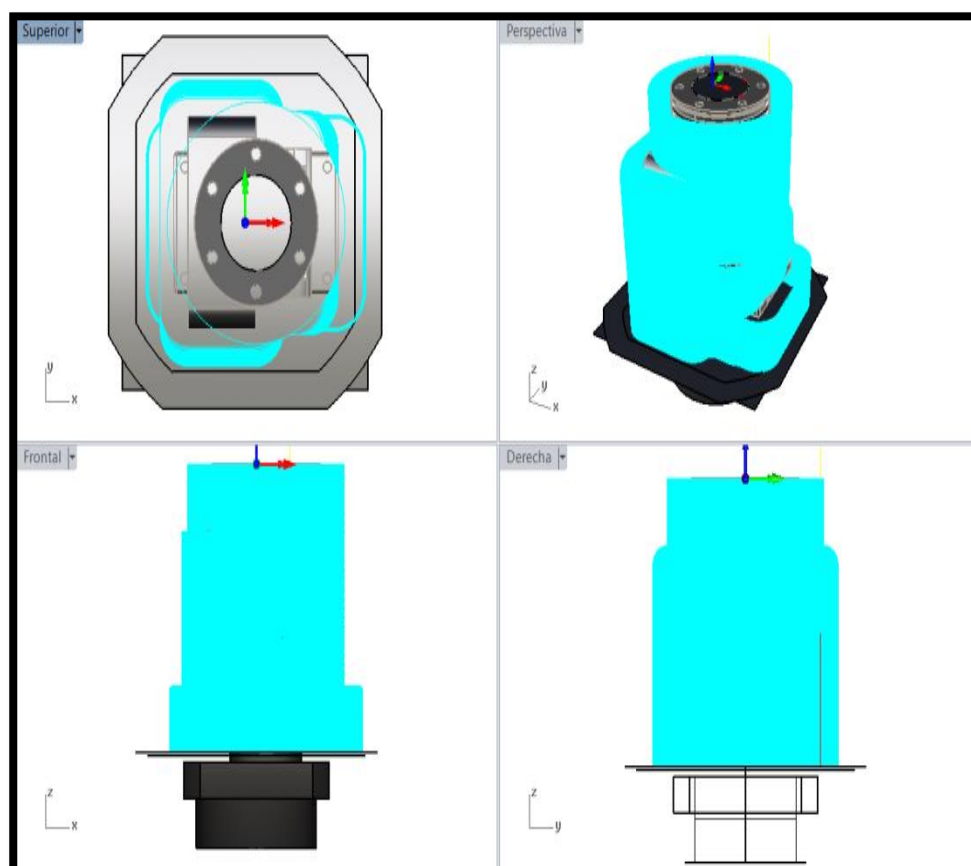


Figura 84-4: Desbaste simulación Rhino -CAM
 Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

Tabla 45-4: Datos de operaciones de mecanizado RhinoCam posición 2

Nombre	Estado	Herramienta	Cantidad	Velocidad de corte	# of GOTOS	Tiempo de mecanizado
Preparar 1						
Acabado horizontal	Sucio	6mm End Mill	2	1500.00 mm/min	19655	31.55 min
Acabado horizontal	Sucio	2.5mm End Mill	4	1500.00 mm/min	33550	46.26 min
Acabado horizontal	Sucio	10mm End Mill	1	1500.00 mm/min	24926	37.90 min
Desbaste horizontal	Sucio	10mm End Mill	1	2000.00 mm/min	9795	23.05 min
					Sub-total	2 hr 18 min
Preparar 2						
Acabado horizontal	Sucio	2.2mm End Mill	4	1500.00 mm/min	14466	41.88 min
3 proyecciones de eje	Sucio	2.5mm End Mill	4	1000.00 mm/min	35138	13.63 min
					Sub-total	55.50 min
Preparar 3						
Taladro estándar	Sucio	1.0mm HSS Drill	5	50.00 mm/min	5	3.60 min
Perfilado de 2 1/2 ejes	Sucio	6mm End Mill	2	1000.00 mm/min	5859	0.63 min
Grabado	Sucio	0.8mm End Mill	3	1000.00 mm/min	1409	0.51 min
					Sub-total	4.74 min
Preparar 4						
Acabado horizontal	Sucio	6mm End Mill	2	1500.00 mm/min	3320	9.65 min
Acabado horizontal	Sucio	4mm End Mill	3	1500.00 mm/min	36376	1 hr 18 min
Acabado horizontal	Limpieza	4mm End Mill	3	1500.00 mm/min	1351	1.78 min
					Sub-total	1 hr 30 min
Preparar 5						
Acabado horizontal	Limpieza	2.5mm End Mill	4	1500.00 mm/min	19682	38.28 min
3 proyecciones de eje	Limpieza	4mm End Mill	3	1000.00 mm/min	36038	21.19 min
Grabado	Limpieza	10mm End Mill	1	1000.00 mm/min	213	1.38 min
					Sub-total	1 hr 0 min

Fuente: Solid-Works, 2017

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

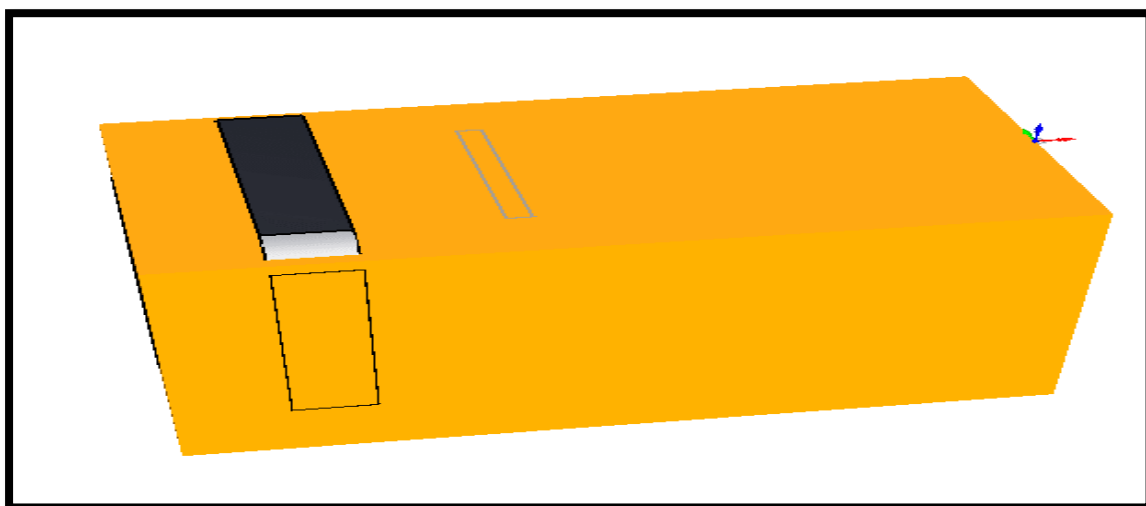


Figura 86-4: Material en bruto 2 posición 2
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

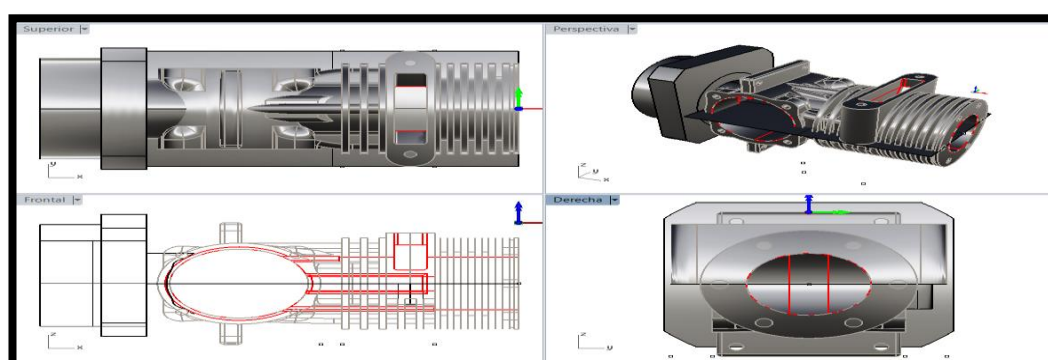


Figura 85-4: Montaje y mecanizado Rhino-CAM
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

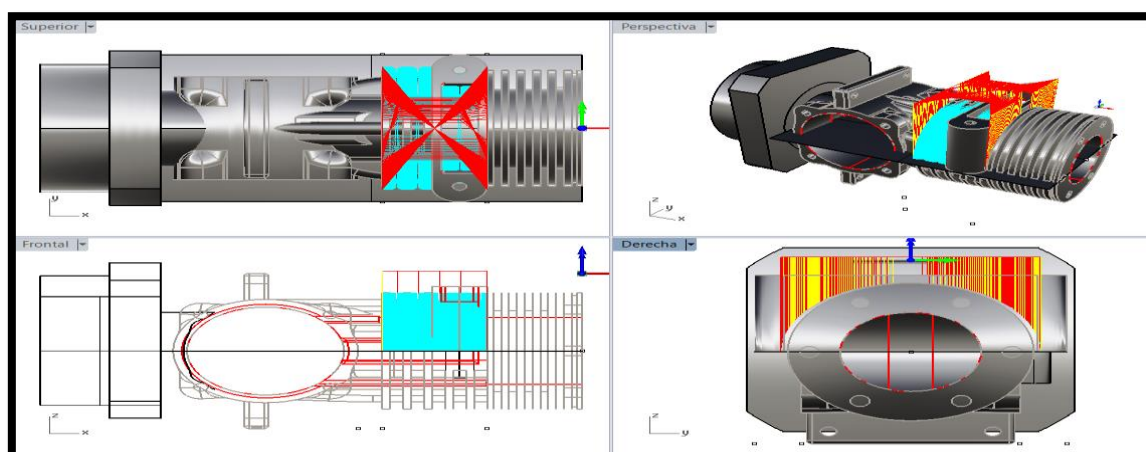


Figura 87-4: Acabado de mecanización
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

Tabla 46-4: Datos de operaciones de mecanizado Rhino-CAM posición 3

Nombre	Estado	Herramienta	Cantidad	Velocidad de corte	# of GOTOs	Tiempo de mecanizado
Preparar						
2 1/2 Axis Pocketing	Sucio	12.1mm End	1	1500.00 mm/min	3935	12.26 min
2 1/2 Axis Pocketing	Limpiar	12.1mm End	1	1500.00 mm/min	287	1.04 min
Taladro estándar	Limpiar	1.0mm HSS	1	50.00 mm/min	9	4.06 min
Perfilado de 2 1/2 ejes	Limpiar	21.12mm En	1	1500.00 mm/min	11435	3.30 min
Entre 2 curvas de acabado	Limpiar	10.8mm End	1	87.62 mm/min	2978	21.03 min
Grabado	Limpiar	10.8mm End	1	1200.00 mm/min	49	0.92 min
Sub-total						42.61 min

Fuente: Solid-Works, 2017

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

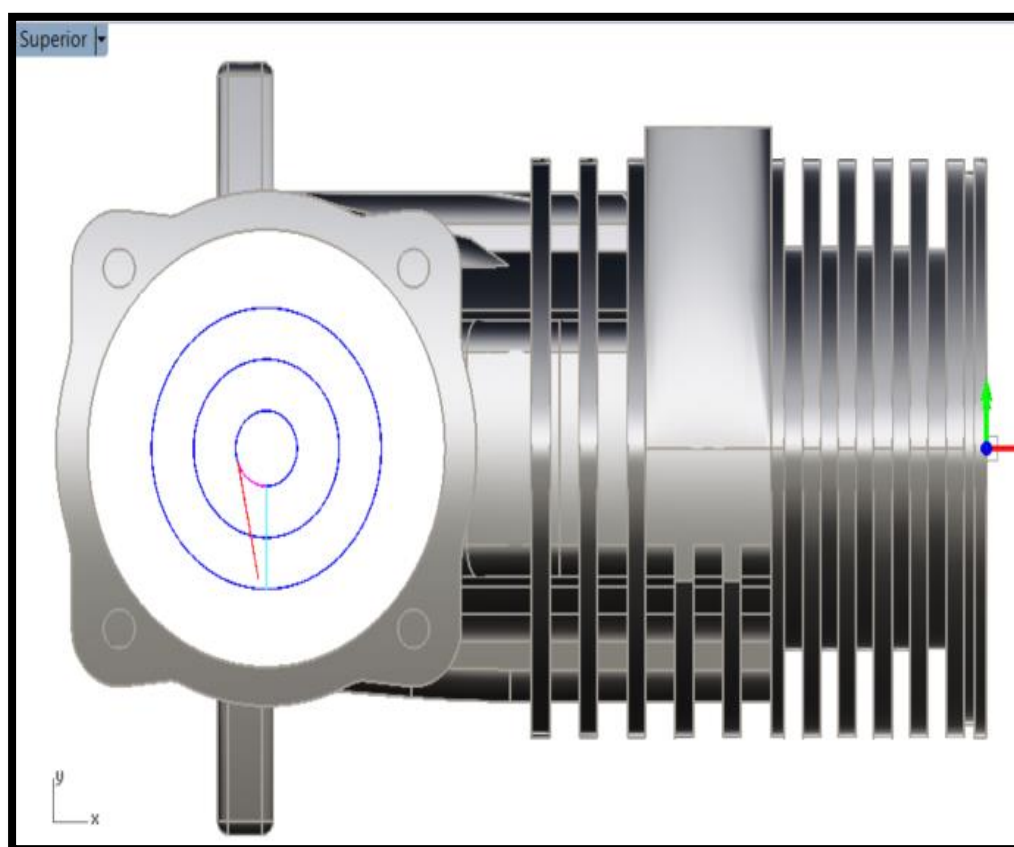


Figura 88-4: Perforación axial

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

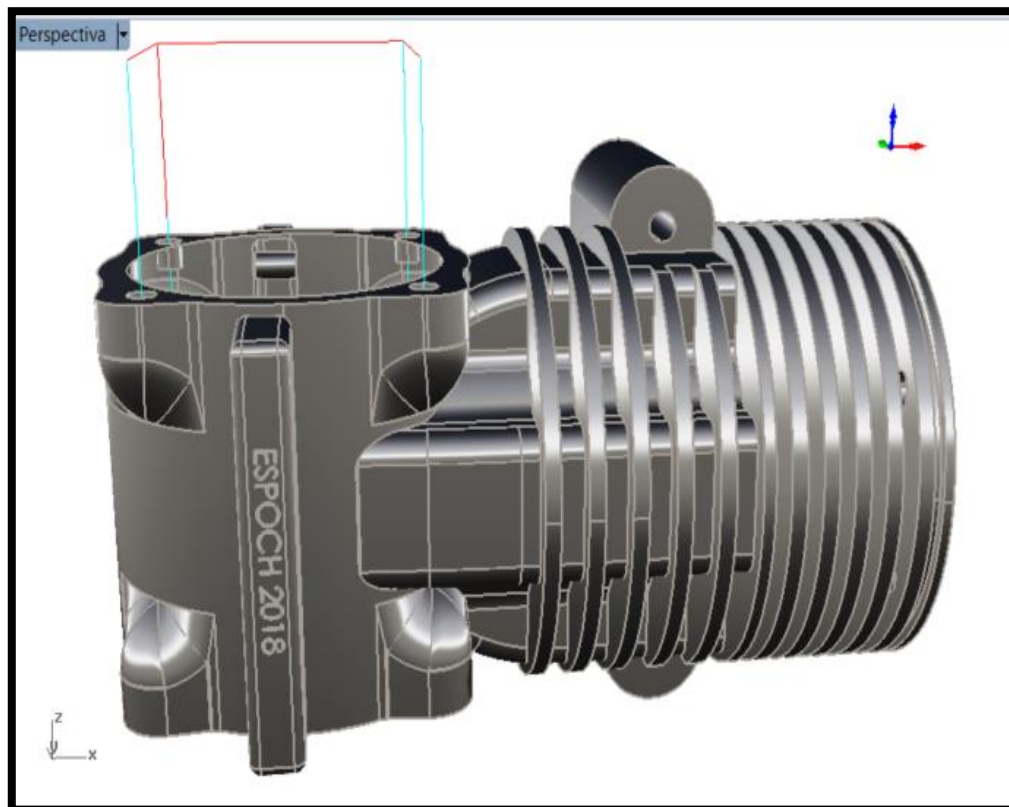


Figura 89-4: Perforación estándar y grabado
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

Tabla 47-4: Datos de operaciones de mecanizado Rhino-Cam posición 4

Nombre	Estado	Herramienta	Cantidad	Velocidad de corte	# of GOTOs	Tiempo de mecanizado
Preparar						
Acabado horizontal	Sucio	10mm End Mill	1	1500.00 mm/min	16278	15.82 min
3 bolsillos de proyección del eje	Limpieza	4mm Ballnose	2	1000.00 mm/min	12145	11.05 min
Sub-total						26.87 min

Fuente: Solid-Works, 2017

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

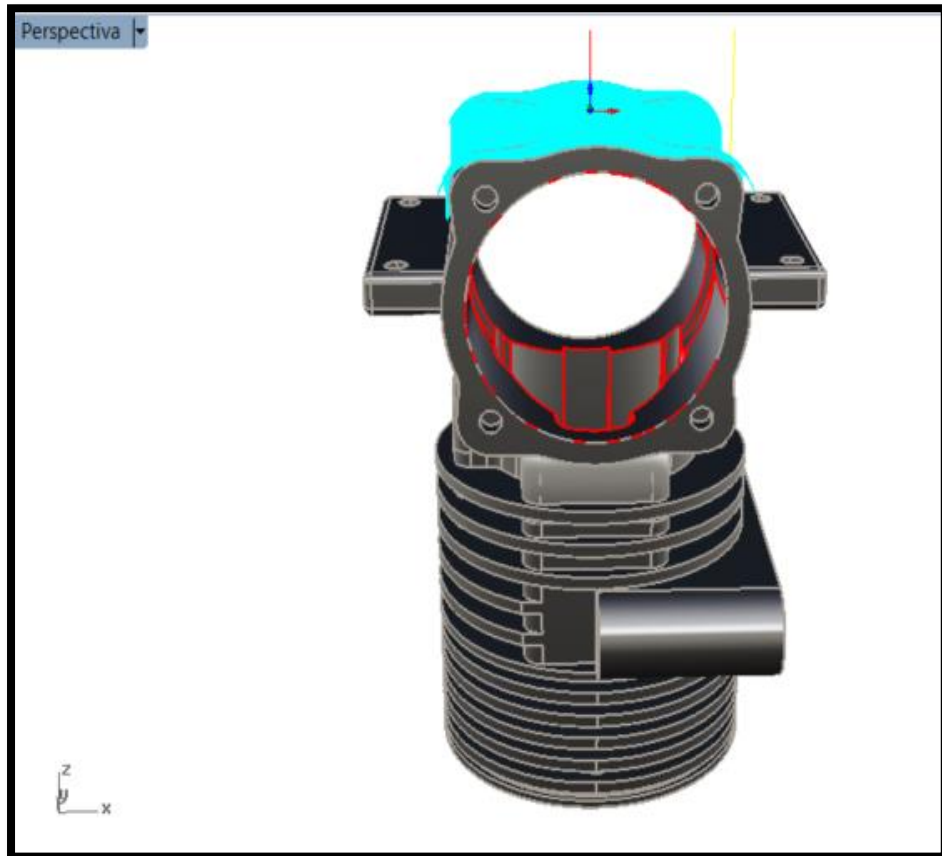


Figura 90-4: Mecanizado final
Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

CAPÍTULO V

5. Análisis termográfico de los blocks mecanizados y el block original

En el siguiente capítulo se ejecuta un análisis termográfico de los blocks mecanizados y el block original ensamblando con partes originales (pistón, biela, cigüeñal, rodamientos, etc.), para verificar la emisión térmica que puede emitir y elaborar una comparativa de las propiedades térmicas de los blocks mecanizados.

5.1. La termografía infrarroja

La *termografía infrarroja* es una técnica, la cual permite a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión, ver tabla N° 91-5.

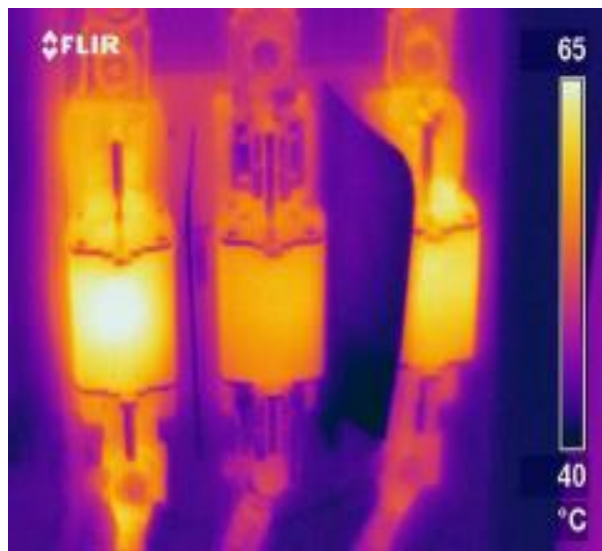


Figura 91-5: Termografía infrarroja

Figura tomada de:

<http://www.mantenimientopetroquimica.com/termografia.html>

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termo-gráficas, o de termovisión son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para *ver* en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto, ver tabla N° 92-5.

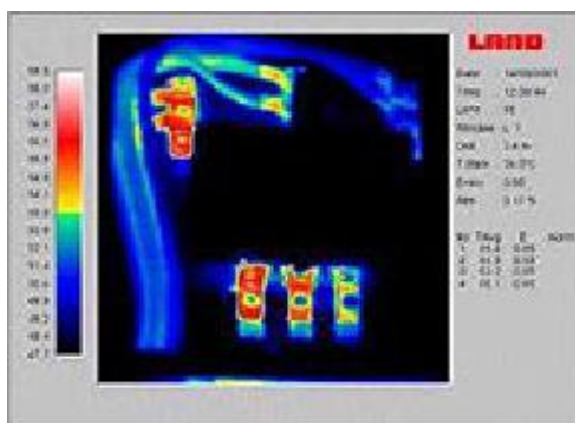


Figura 92-5: Ejemplo de análisis termo-gráfico
Figura tomada de: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/termografia.html>

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial, ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados a través de la monitorización de temperatura con sistema de *termovisión por infrarrojos* con la implementación de programas de inspecciones termo-gráficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas, ver tabla Nª 93-5.



Figura 93-5: Cámara termo-gráfica
Figura tomada de: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/termografia.html>

El análisis a través de termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones,

los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos, radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

El análisis mediante cámaras termo-gráficas infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de alta y baja tensión.
- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Instalaciones de climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

Las ventajas que ofrece el mantenimiento preventivo por termovisión son:

- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

5.1.1. Puntos para ejecutar un análisis termográfico

Para realizar este análisis termográfico se toma en cuenta los siguientes puntos, como: emisividad, temperatura atmosférica y humedad relativa.

5.1.2. La emisividad

La emisividad es la propiedad que indica la eficacia de una superficie emite radiación térmica. Un objeto que emite la máxima energía posible para su temperatura se conoce como cuerpo negro. Los cuerpos negros son superficies ideales de radiación infrarroja y termómetros infrarrojos.

La emisividad se calcula de la siguiente manera:

$$\varepsilon = \frac{\text{Radiación emitida por un objeto a temperatura (T)}}{\text{Radiación emitida por un cuerpo negro a Temperatura (T)}}$$

Fórmula 1-5: Fórmula para cálculo de emisividad

Fórmula tomada de: [http://www.metring.com/notes/HI-10-70-MT2009%20\(1\).pdf](http://www.metring.com/notes/HI-10-70-MT2009%20(1).pdf)

A continuación, se detalla una tabla de coeficientes de emisividad de materiales metálicos, ver tabla N^a 48-5:

Tabla 48-5: Emisividad de materiales

Materiales		Emisividad	
	1.0μm	1.6μm	8-14μm
Aluminio			
No Oxidado	0.1-0.2 0.02-0.2	n.r.	0.1-0.2 0.02-0.2
Oxidado	0.4	0.4	0.2-0.4
Cromo	0.4	0.4	n.r
Acero			
Laminado en frío	0.8-0.9	0.8-0.9	0.7-0.9
Fundido	0.35	0.25	0.1
Oxidado	0.35	0.25-0.4	n.r
Inoxidable	0.35	0.2-0.9	0.1-0.8
Hierro pulido	0.21		
Cobre pulido	0.02	0.05	
Cobre a 600	0.57		
Ladrillo	0.93		
Hormigón	0.92	0.97	
Agua	0.95		
Vidrio	0.80	0.95	

Fuente: Metring Instrumentación 2015

Tabla tomada de: [http://www.metring.com/notes/HI-10-70-MT2009%20\(1\).pdf](http://www.metring.com/notes/HI-10-70-MT2009%20(1).pdf)

5.1.3. Temperatura atmosférica

Se puede definir la temperatura atmosférica conocida como temperatura del aire o ambiental, también, el parámetro climático que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinado. Constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos de climas, estando en función directa de la mayor o menor cantidad de radiación solar recibida.

A partir de esta definición, se pueden definir, a su vez una serie de conceptos:

- **Temperatura máxima** es la mayor temperatura atmosférica del aire alcanzada en un lugar en un día, (máxima diaria), en un mes, (máxima mensual), o en un año, (máxima anual). También, puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante mucho tiempo (máxima absoluta).
- **Temperatura mínima**, es la menor temperatura atmosférica del aire alcanzada en un lugar en un día, (mínima diaria), en un mes, (mínima mensual), o en un año, (mínima anual). También, puede referirse a la temperatura mínima registrada en un lugar durante mucho tiempo (mínima absoluta).
- **Temperatura media**, se trata de los promedios estadísticos obtenidos entre las temperaturas máximas y mínimas. Con las temperaturas medias mensuales (promedio de las temperaturas

diarias a lo largo del mes), se obtiene un gráfico de las temperaturas medias de un lugar para un año determinado.

5.1.4. *Humedad relativa*

La cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en cualquier momento determinado, normalmente es menor que el necesario para el aire. La humedad relativa es el porcentaje de la humedad de saturación, que se calcula normalmente en relación con la densidad de vapor de saturación.

$$\text{Humedad Relativa} = \frac{\text{Presión de vapor de agua}}{\text{Presión de saturación del vapor de agua}} \times 100 \%$$

Fórmula 2-5: Fórmula de humedad relativa

Fórmula tomada de: <https://es.slideshare.net/nicolasgomez7509/secado-de-los-alimentos>

Primeramente, al iniciar el análisis termográfico se ha procedido a pintar los blocks con un spray negro, para tener una emisividad del 0.95 en los tres blocks para que el resultado sea el más eficiente. Además, este análisis se utiliza en los siguientes equipos cámara termo-gráfica FLIR, serie E5, un tacómetro digital, medidor de entorno ATP LM-8000. Ver figura N° 94-5 la cámara termo-gráfica, el tacómetro digital en figura N° 95-5 y el medidor de entorno en figura N° 96-5.



Figura 94-5: Cámara termo-gráfica FLIR serie E5

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny



Figura 95-5: Tacómetro digital
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny



Figura 96-5: Medidor de entorno ATP LM-8000
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

5.2. Resultados de termografía con el block original y los Blocks mecanizados

Primeramente, el análisis comienza encendiendo el motor y dejando que este alcance la temperatura de funcionamiento, ver en figura N° 97-5.



Figura 97-5: Termografía block PYP 10
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

Luego, para el análisis de temperatura se realiza tres lecturas de diferentes velocidades de giro de motor que se detalla a continuación:

5.2.1. *Termografía block original de Al 413.0 y camisa de bronce a mín. rev.*

Como se ha señalado anteriormente, el análisis termo-gráfico del Block PYP 10 se ejecutan las pruebas a diferente giro del motor, tal como es en ralentí, a 1500–2000 RPM y a 5500-6000 RPM que son las revoluciones de giro de motor, las cuales alcanza este motor, ver en figuras N^a 98-5.

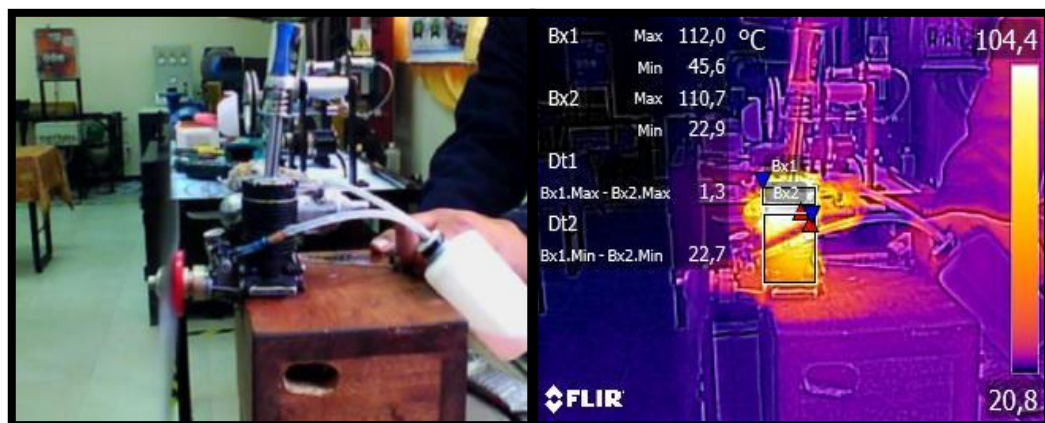


Figura 98-5: Valores termográficos del block original a mín. rev. a(900-1000) RPM
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

Valores térmicos conseguidos a mínimas revoluciones (900-1000 rpm), en esta figura se puede observar la temperatura que ha ido tomando el block y el cabezote original, ayudando a la producción de las temperaturas del cabezote y block, lo cual indica la temperatura máxima que está en el cabezote, debido a que la combustión se produce en medio del cabezote y block. Con lo anterior señalado se puede decir que la variación de temperatura está entre el block y el

cabezote, puesto que esto es la clave para el análisis de los blocks mecanizados con las diferentes partes del motor original.

5.2.2. Termografía block original de Al 413.0 y camisa de bronce a media carga

Al elaborar el análisis de 1500 a 2000 rpm se ha percibido el aumento de temperatura en el block es de 117,0 °C y una temperatura de gases de escape de 85,4 °C, lo cual se puede apreciar en la figura N° 100-5 que muestra como la emisión de calor hacia el exterior es muy alta, puesto que con la camisa de bronce con revestimiento de cromo hace que el calor sea disipado con mayor facilidad y la cámara se mantenga lo suficientemente, caliente para que el combustible se auto-encienda completamente y el motor no tienda a apagarse, ver figura N° 99-5.

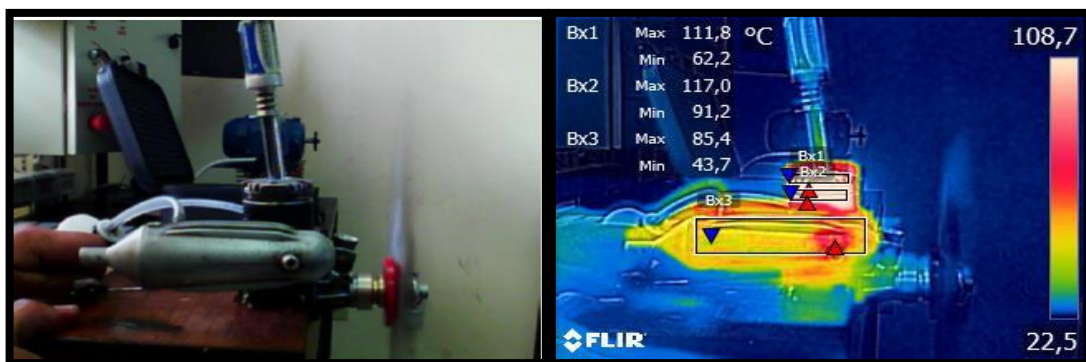


Figura 99-5: Valores termográficos del block original a mín. rev. (1500-2000 RPM)

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

5.2.3. Termografía block original de Al 413.0 y camisa de bronce a máxima carga

De acuerdo a este análisis se puede observar un incremento de temperatura aproximada de 4 °C en el block y la de gases de escape que se mantienen constantes, lo cual nos da a entender que el motor a su máxima revolución de la temperatura se mantendrá, y el motor trabajará al ser exigido al máximo, tranquilamente, ver en la figura N° 100-5 y el gráfico N° 5-5.

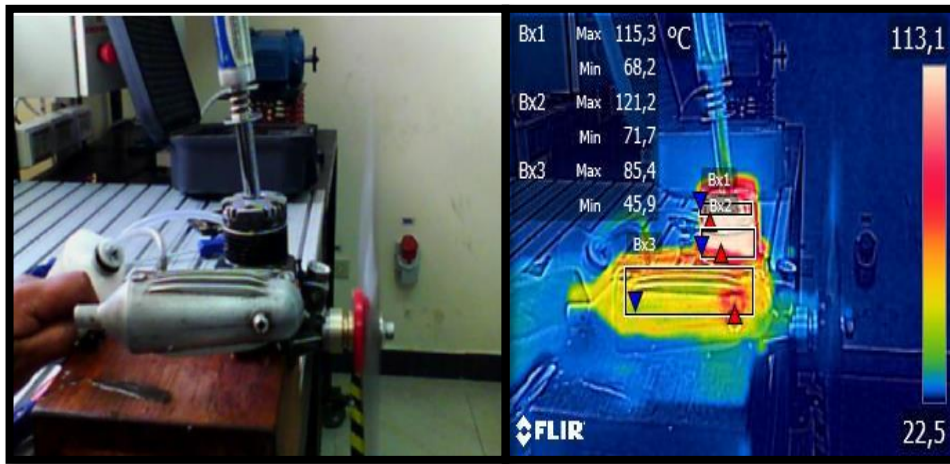


Figura 100-5: Valores termográficos del block original a rev. máx.
(5000 – 6000 rpm)

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

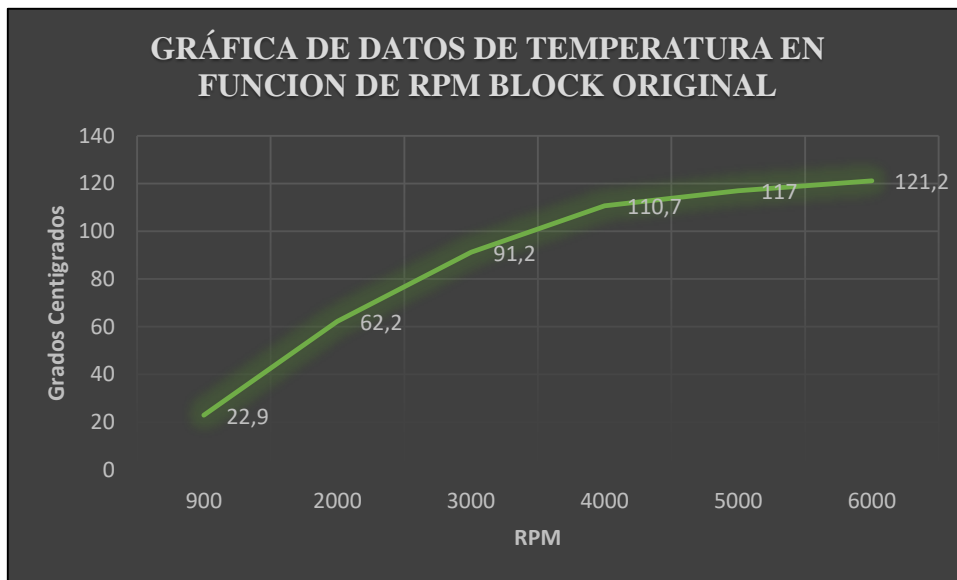


Gráfico 5-5: Datos de temperatura en función de RPM

Realizado por: Autores, Molina Jorge y Tapuy Danny

5.2.4. Termografía block alterno de Al 6061 a mín. rev.

Una vez, realizadas las pruebas con el block original se procede a trasladar las piezas al block mecanizado del Aluminio 6061 con camisa de Fundición Gris EN GJL 300 y se logra obtener los siguientes valores térmicos. Estos valores tuvieron una gran variación, debido a que en mínimas revoluciones alcanzó una temperatura máxima de 57,2 °C en el block y en el cabezote la temperatura de 54,5 °C comparado con los valores obtenidos anteriormente, bordean por la mitad esto se deberá a que su camisa es de Fundición Gris GJL 300 y no permite una emisión de calor tan alta como la camisa original, ver en la figura N° 101-5.

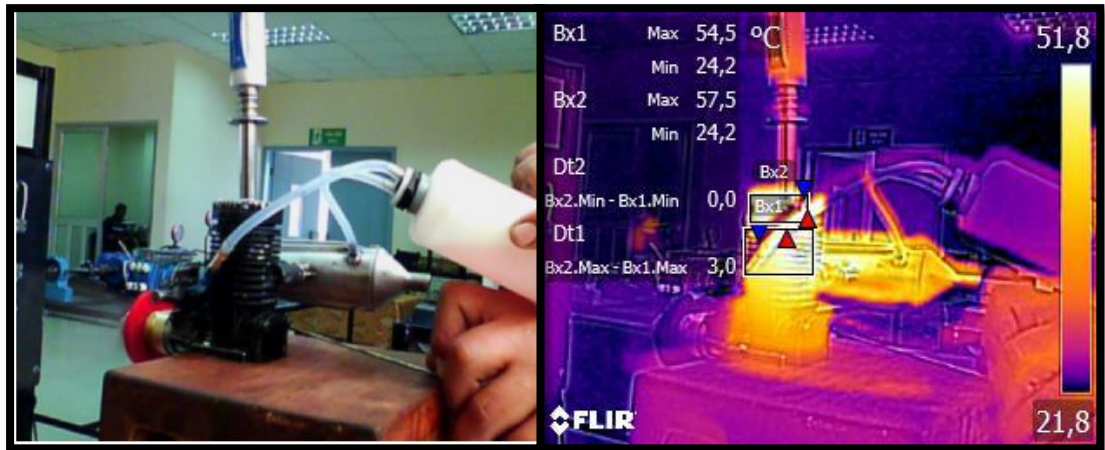


Figura 101-5: Valores termográficos del block alterno a mín. rev. (900 – 1000 rpm)
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

5.2.5. Termografía block alterno Al 6061 a media carga

Al realizar el análisis en el rango de 1500-2000 RPM se distinguió una variación pequeña de 0,8 °C en el block y una variación de 0,1 °C, en el cabezote esto nos indica lo explicado anteriormente en la parte de arriba, ver en la figura N° 102-5.



Figura 102-5: Valores termográficos del block alterno a media carga (1500–2000rpm)
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

5.2.6. Termografía block alterno de Al 6061 a máxima carga

La variación de temperatura no es mucha ya que permanece al rango de 57°C a 59 °C lo que indicaría que si este block podría llegar a revoluciones mayores a las 6000 RPM, ver en la figura 103-5.

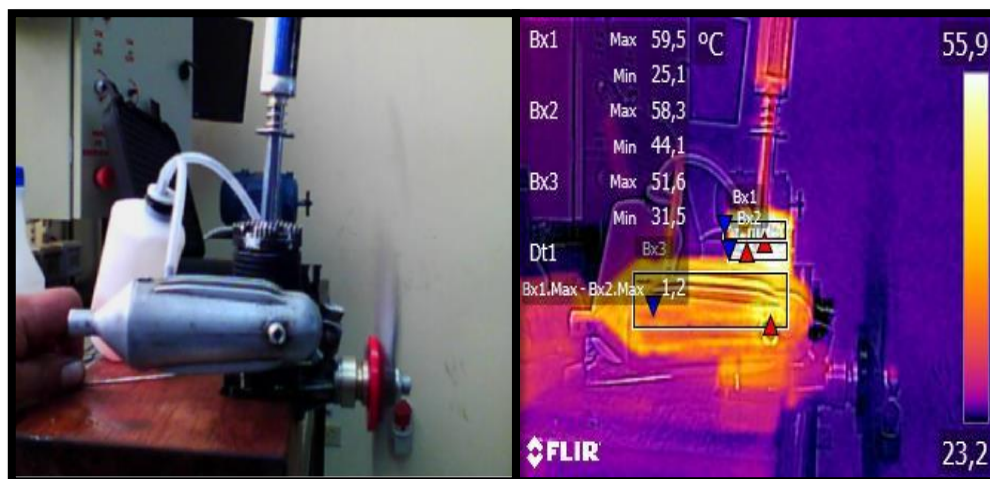


Figura 103-5: Valores termográficos del block alterno a máx. rev. (5000- 6000 RPM)

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

En el siguiente gráfico N° 6-5 se muestra la temperatura que emite el block en el rango de trabajo desde 900 a 600 rpm, el cual indica el incremento de temperatura desde su funcionamiento inicial hasta llegar a la temperatura ideal de trabajo, la cual incrementará o disminuirá según sea el paso de flujo de aire emitida por la hélice para su refrigeración, ver gráfico N° 6-5.

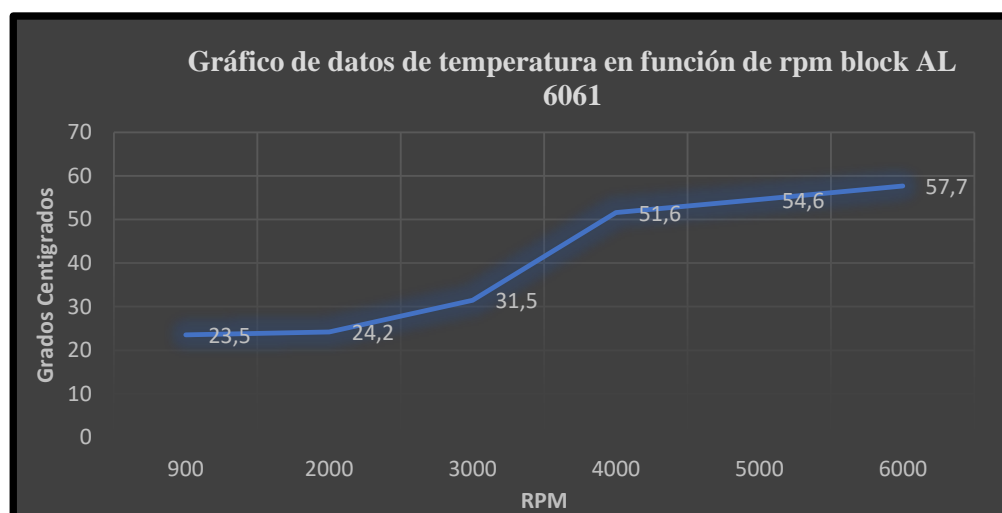


Gráfico 6-5: Datos de temperatura en función rpm block AL 6061

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

5.2.7. Termografía block alternativo y camisa de Fundición Gris a mín. rev.

De acuerdo a este análisis se procede a trasladar las piezas al block mecanizado de Fundición Gris EN GJL 300 y camisa del mismo material y se logra obtener los siguientes valores térmicos. Estos valores tuvieron una gran variación debido a que en mínimas revoluciones alcanza una temperatura máxima de 42,4 °C en el block y en el cabezote la temperatura de 44,9 °C comparado con los valores obtenidos, anteriormente con el Block de aluminio 413.0. Estos tienen una diferencia de 9,6 °C se deberá a que el block y su camisa es de Fundición Gris GJL 300 y no permite una emisión de calor tan alta, ver en la figura N° 104-5.

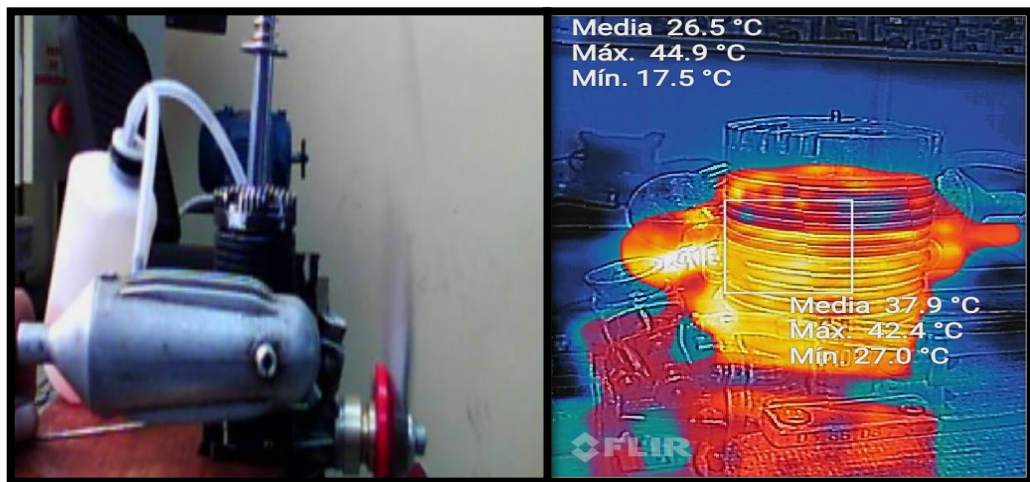
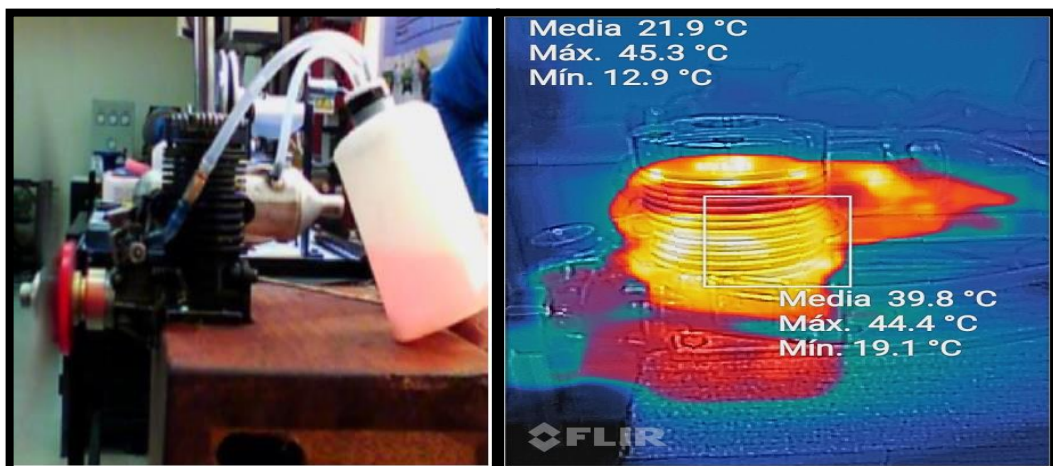


Figura 104-5: Valores termográficos del block alternativo a mín. rev. (900 – 1000 rpm)

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

5.2.8. Termografía block alternativo y camisa de Fundición Gris a media carga

Al elaborar el análisis termo-gráfico en el rango de 1500-2000 RPM se distinguió un incremento de 2 °C en el block y una variación de 0,4 °C, en el cabezote. Esto nos muestra que la elevación de temperatura aproximada en este block es de 2 °C, a un incremento de 500 rpm, ver en figura N° 105-5.



5.2.9. Termografía del block alterno y camisa de Fundición Gris máxima carga

Según el análisis termo-gráfico de la variación de temperatura no es mucha, puesto que permanece al rango de 45,9 °C a 46,3 °C, debido a que las temperaturas obtenidas en este tipo de material están en el rango mínimo de servicio, es decir de otra forma, el calor emitido dentro de la cámara es el imperceptible para que este material emita un calor fuerte hacia el medio exterior, ver en la figura N° 106-5 y gráfico N° 7-5.

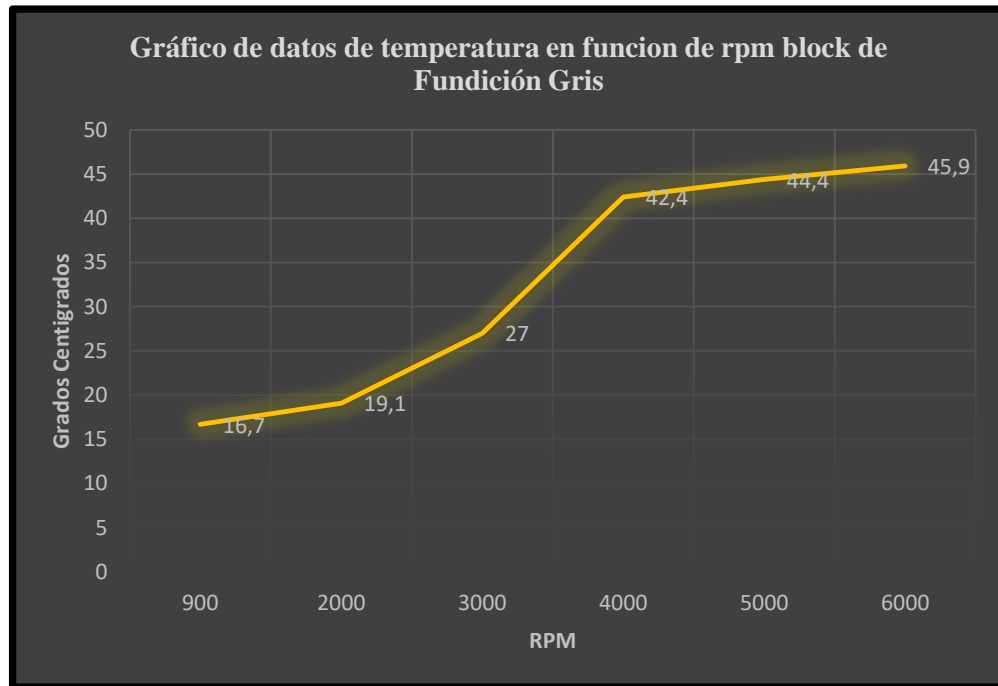


Gráfico 7-5: Datos de temperatura en función rpm block en Fundición Gris

Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

Como se puede observar en el siguiente gráfico N° 8-5, el comportamiento termico que tiene el block original y los alternos, claramente, se nota una gran variación en sus curvas de temperatura. Los blocks alternos presentan una pequeña variación de temperatura de 3 a 4 °C, estos datos como se lo ha señalado precedentemente, se los tomo a diferentes regimenes de giro del motor.

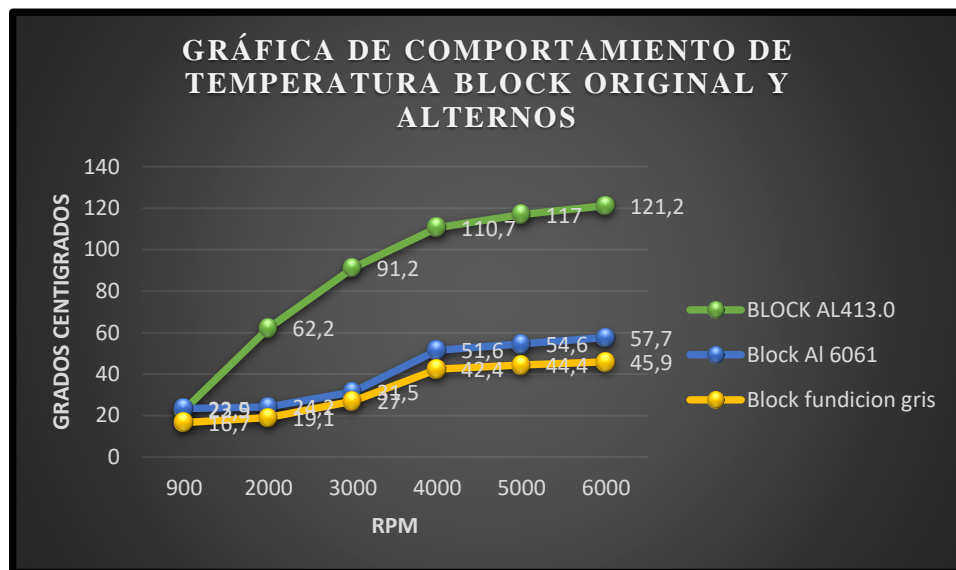


Gráfico 8-5: Comportamiento de temperatura de block original y alternos
Realizado por: Autores, Molina Jorge, Tapuy Danny

CAPÍTULO VI

6.1. Conclusiones

- Se ha determinado que el material del Block de Motor PYP 10, a través de la espectrometría es la técnica que se usa para medir los porcentajes de los constituyentes químicos de un material, el cual ha arrojado los resultados del material utilizado para la fabricación es el aluminio 413.0, este ha ayudado a establecer los materiales alternativos adecuadamente, para la generación de la línea base del mecanizado.
- La identificación de cada una de las partes ha ayudado la construcción del diseño para el Block de Motor PYP 10, para de esa manera tener márgenes mínimos de error en el desarrollo del Diseño Asistido por Computadora (CAD), el cual se ha procedido a fabricar.
- Las simulaciones ejecutadas a los materiales alternativos seleccionados han arrojado los resultados satisfactorios para la construcción del Block de Motor PYP 10. De ese modo, se ido colaborando a no realizar más pruebas o ensayos del material alternativo.
- La generación de códigos de mecanizado no se ha realizado en el software Solid-CAM, puesto que el software usado por la máquina Fadal 4020 es el Rhino-CAM.
- La manufacturación del Block de Motor PYP10 se ha ejecutado a través de la máquina CNC FADAL 4020 y el resultado del mecanizado ha sido exitoso, puesto que en sus pruebas elaboradas llenaban las mismas expectativas que el block original.
- Con los resultados obtenidos se puede concluir desde el punto de vista térmico que existe una gran variación de temperatura entre el block original y los alternos, los cuales tienen rangos de temperaturas de 18 °C menores al block original.
- Entre el block de Al6061 T6 y fundición gris el rango de temperatura varía en 5 °C con temperaturas de emisión bajas, esto se deberá a que la emisión del material del cual está hecho. La camisa es muy bajo y no permite una gran disipación de calor al exterior, con omisión de que este block de motor es refrigerado por aire y las líneas de flujo, acorde al Software ANSYS tiene una geometría exacta para una refrigeración perfecta.
- Por otro lado, la emisión de calor del block original es mayor, esto se debe a que su camisa está hecha de bronce y tiene la propiedad de disipar el calor de una manera muy efectiva, lo

cual hace que su rango de temperatura este mucho más alta a los blocks alternos. Ahora, si bien es verdad las camisas de block de motores de vehículos son fabricadas con fundición gris esto hace que la cámara se mantenga lo suficientemente, caliente para que no necesite mayor energía en la mezcla aire-combustible se pueda encender con facilidad.

6.2. Recomendaciones

A la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Facultad de Mecánica se recomienda:

- Penetrar con mayor énfasis en los métodos CAD, CAM y CAE, puesto que estos métodos son de gran importancia en la ejecución de este proyecto tecnológico, a través del avance de la tecnología en los diferentes áreas de las empresas como automotriz e industrial solicita un mayor énfasis en los procesos de diseño, manufactura y análisis de ingeniería.
- Efectuar el desarrollo de análisis de materiales, los cuales se están usando hoy en día en las empresas de vehículos para inspeccionar, sí a estos se los puede reemplazar por materiales alternativos reciclados que se encuentran en nuestro entorno en el mercado a menores costos de adquisición y producción.
- Ejecutar un estudio de campo sobre la reutilización de los materiales reciclados en el área de fabricación de piezas automotrices en nuestro país Ecuador y la calidad que estos brindan a los dueños de vehículos motorizados, de esta manera se puede desarrollar una indagación del cómo nos ayuda y beneficia al progreso de la economía de nuestro país.
- Se recomienda para el desarrollo de nuevos proyectos utilizar los métodos CAD, CAM y CAE con softwares actualizados, puesto que nos ayuda con el ahorro de tiempo en la elaboración de prototipos a desarrollar en el proceso del análisis de Ingeniería Asistida por Computador como es el caso a utilizar un computador con altas prestaciones en RAM y en tarjeta gráfica, ya que en el cálculo de insistencias, que se ha realizado solicita demasiada capacidad y tiempo considerando las iteraciones que se desea desarrollar.
- Se encomienda el manejo de máquinas CNC, el cual es muy importante para los seminarios teóricos y prácticos de cómo utilizar este tipo de máquinas, puesto que había un gran desconocimiento de la utilización, limpieza y tipo de herramientas, los cuales se han manipulado para el desarrollo de este proyecto tecnológico.

BIBLIOGRAFÍA

Ashby, Mike. 2015. Granta Material Intelligence. [En línea] 2015. [Citado el: 25 de Abril de 2018.] <http://www.grantadesign.com/education/edupack/>.

Barrera, Moreno, Mario, Alberto. 2012. Técnicas CAD/CAM. Área del Conocimiento: Ingeniería Aplicada. [En línea] Enero de 2012. [Citado el: 20 de Abril de 2018.] https://issuu.com/caime/docs/apuntes_tecnicas_cad-cam.

Cervera R., Miguel & Blanco D., Elena. 2015. Resistencia de Materiales. Barcelona, España : CIMNE, 2015. ISBN: 978-84-944244-4-1.

DANE-UAESP. 2003. El reciclaje en Bogotá: Actores, procesos y perspectivas. [En línea] 2003. [Citado el: 01 de Junio de 2018.] <http://www.uaesp.gov.co/>.

Estrada, Rosemberg y Duchesne, Mónica & Hernández, Walter. 2013. [En línea] 19 de Mayo de 2013. [Citado el: 05 de Junio de 2018.]

GRANTA MI, 3.0. 2015. Using GRANTA MI. [En línea] Product overview, 2015. [Citado el: 02 de Mayo de 2018.] <https://www.grantadesign.com/products/mi/whatsnew30.htm>.

Jorge, Narváez y Chamba, Miguel & Quito, Marco. 2014. Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250CC mediante molde permanente. [En línea] Septiembre de 2014. [Citado el: 05 de Abril de 2018.]

Mayori M., Alejandro M. Resistencia de Materiales Aplicada. [En línea] [Citado el: 15 de Junio de 2018.] http://www.cartagena99.com/recursos/otros/apuntes/Resistencia_de_Materiales_Aplicada.pdf.

Narváez, Jorge y Chamba, Miguel & Quito, Marco. 2014. Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250CC mediante molde permanente. [En línea] Septiembre de 2014. [Citado el: 05 de Abril de 2018.]

Peña, Santiago Vignote. 2006. Tecnología de la Madera . Madrid : Mundi Prensa, 2006. 84-8476-263-7.

Producción Automatizada Sistemas CAD/CAE/CAM. Rojas Lazo, Oswaldo y Salas Bacalla, Julio. 1999. 1, 1999, Vol. 2. 1810-9993.

S/A. 3D CAD Portal. 1er Portal CAD CAM CAE en Español. [En línea] [Citado el: 12 de Diciembre de 2017.] <http://www.3dcadportal.com/ansys.html>.

—. 2013. Aluminios y Metales UNICORNIO. Distribuidores Especialistas en Aluminio. [En línea] 2013. [Citado el: 10 de Mayo de 2018.] <http://www.aluminiosmetalesunicornio.com.mx/6061.html>.

—. 2015. Distribuidores Unibar. [En línea] 2015. [Citado el: 02 de Mayo de 2018.] <http://www.trexpes.com/archivos/Catalogo%20propiedades%20y%20tolerancias.pdf>.

—. Fundamentos de KBA (Knowledge Based Engineering). Aplicación de diseño de engranajes de ejes paralelos con Catia V5. [En línea] [Citado el: 20 de Mayo de 2018.] <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/fichero/2.+Sistemas+de+CAD-CAM.pdf>.

—. 2010. Mecatrónica Automotriz. [En línea] 15 de Septiembre de 2010. [Citado el: 25 de Enero de 2018.] <http://mektronikar.blogspot.com/2010/09/motor-de-combustion-interna.html>.

S/N. 2017. AUTODESK. [En línea] Autodesk Inc., 2017. <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/cad-cam>.

Von Mises., Richard. 2014. Mecapedia . [En línea] 23 de Junio de 2014. [Citado el: 01 de Junio de 2018.] http://www.mecapedia.uji.es/criterio_de_von_Mises.htm.